

ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

HOME POWER LINE PRIVATE BRANCH EXCHANGE



โดย

นายรัตนพงษ์ ชีถนอม

นายกิตติภาพ วิเศษชู

5

พ.ศ.
๒๕๔๕
๒๕๔๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42720
วัน, เดือน, ปี- 7 ส.ย. 2545

b.....
i.....

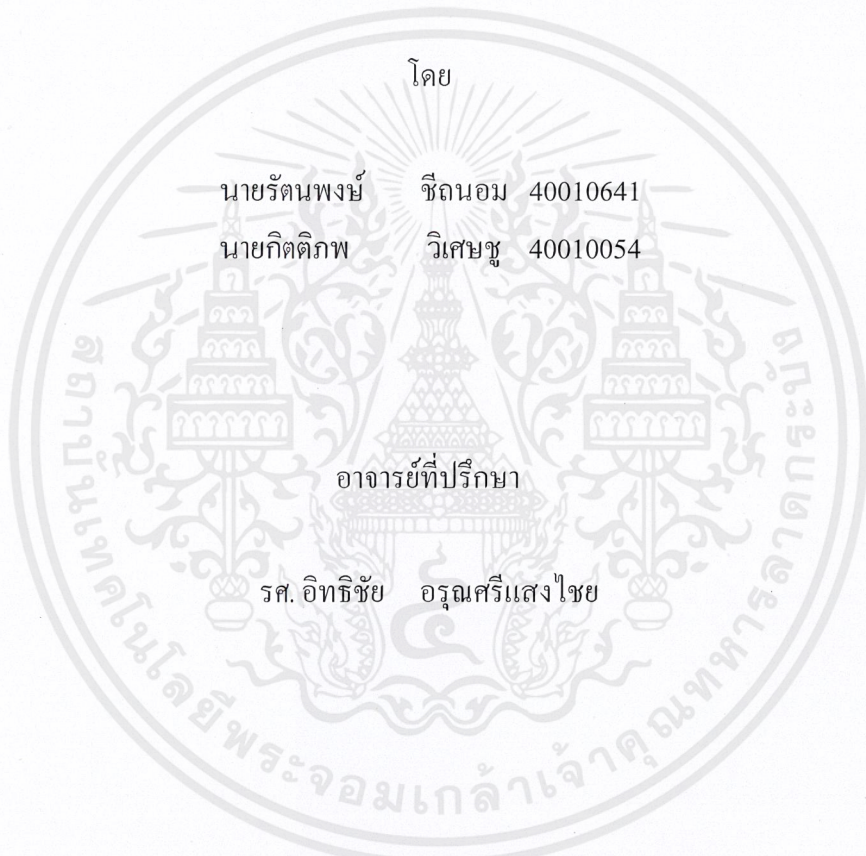
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๖๑๑๒๑๔๕๕๗

ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

HOME POWER LINE PRIVATE BRANCH EXCHANGE



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

ผู้จัดทำ

1. นายรัตนพงษ์ ชีณอม รหัสประจำตัว 40010641

2. นายกิตติภพ วิเศษชู รหัสประจำตัว 40010054



Du Or

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. อธิชัช อรุณศรีแสงไชย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

HOME POWER LINE PRIVATE BRANCH EXCHANGE

นายรัตนพงษ์ ชีถนอม รหัสประจำตัว 40010641

นายกิตติภพ วิเศษชู รหัสประจำตัว 40010054

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

วันที่ 20 / ๖๑ / ๕๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

นายรัตนพงษ์ ชีถนอม

นาย กิตติภพ วิเศษชู

รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ คือ ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน (Home Power line Private Branch Exchange : HPPBX) เป็นระบบควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งต่างๆในบ้านจากคีย์บอร์ดชุดเดียว เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 30 อุปกรณ์ ใน 1 พอร์ตเอาต์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด 880 วัตต์ หรือ 220 โวลต์ 4 แอมแปร์ ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ชุดคีย์บอร์ดควบคุม (HPPBX Control Keyboard) และ ชุดกล่องสวิตซ์ (HPPBX Switching Box) ส่งสัญญาณสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์หรือสายทวิสแพร์ ขนาด 24 AWG ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 ควบคุมการทำงานพื้นฐานของวงจร เทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยช่วยลดปริมาณการเดินสายไฟ ความซับซ้อนของสายไฟ และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำกว่าระบบที่ใช้งานตามปกติ

ระบบนี้สนับสนุนกับการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมโดยวิธีอื่นเช่น อินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ หรือ เซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ ให้ทำงานร่วมได้โดยง่าย และสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ได้

HOME POWER LINE PRIVATE BRANCH EXCHANGE

Mr. Rattanapong Chetanom

Mr. Kittipop Wiseschu

Mr. Itthichai Arungsrisangchai (Advisor)

Abstract

This project describes the design and construction of a prototype of Home Power line Private Branch Exchange (HPPBX). This HPPBX can switch on-off any home electrical appliances from any rooms in the home with a control keyboard. It can switch on-off electrical appliances up to 30 components. One output port can supply maximum power up to 880 watts or 220 V, 4 A. There are two parts of working circuits as HPPBX Control Keyboard and HPPBX Switching Box, where the interconnection is done by using telephone cable or Twist Pair cable 24 AWG, and the data communication is used RS-485 standard. Microcontroller of MCS-51 based devices are used to control the system. This technology provide comfortably of switch on-off electrical appliances and decreases quantity of electrical appliance cable which is very complex and expensive when compare with Conventional Electrical Installation.

This system also has been designed to compatible with the other networks such as Internet, Telephone and Security network. The HPPBX System is very eased at use and can be further developed as commercial product in the future.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 หลักการทำงานของระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 หลักการทำงานของอุปกรณ์	6
2.1 ไตรแอก (Triac)	6
2.2 โฟโตคัปเปิลอร์ (The Photocoupler)	11
2.3 อุปกรณ์ ลอจิก ชนิด ทรานซิสเตอร์ – ทรานซิสเตอร์ ลอจิก (Transistors – Transistor Logic , TTL)	13
2.3.1 Propagation Delays	13
2.3.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ลอจิก ทีทีแอล (The TTL Logic Action)	13
2.3.2.1 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 0 (Low State)	14
2.3.2.2 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 1 (High State)	15
2.3.3 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งรับกระแสของ อุปกรณ์ ทีทีแอล (Current Sinking Action)	16
2.3.4 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายกระแสของ อุปกรณ์ ทีทีแอล (Current Sourcing Action)	16
2.3.5 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของอุปกรณ์ทีทีแอลรุ่นต่างๆ	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 อุปกรณ์ วงจรรวมดิจิทัลประเภท มอส (MOS Digital Integrated Circuit)	18
2.5 Complementary MOS Logic (CMOS)	21
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	23
2.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51	23
2.6.2 โครงสร้างภายในของ 8051	23
2.6.3 ฝั่งเวลาของซีพียู (CPU Timing)	26
2.6.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	26
2.6.5 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51	28
2.6.5.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON	28
2.6.5.2 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)	31
2.7 มาตรฐาน RS-485	34
2.7.1 Cable Termination	37
2.9 Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A มีคุณสมบัติ ดังนี้	41
2.10 8-bit Addressable Latch เบอร์ SN74LS259	43
บทที่ 3 หลักการทำงานของระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน	47
3.1 เปรียบเทียบหลักการทำงานของระบบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า แบบธรรมดา และระบบ HPPBX	47
3.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา (Conventional Electrical Installation)	47
3.1.2 การติดตั้งแบบระบบ HPPBX	49
3.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ HPPBX	50
บทที่ 4 รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน HPPBX Control Keyboard	54
4.1 โปรโตคอลของระบบ HPPBX	54
4.2 การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	58
4.2.1 การทำงานขั้นตอนการเริ่มต้นเปิดเครื่อง	58
4.2.2 การทำงานควบคุมการเปิดและการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	59
4.2.2.1 การทำงานควบคุมการเปิด	59
4.2.2.1 การทำงานควบคุมการปิด	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 การทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ	59
4.2.4 การทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ	60
4.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ของวงจร ชุดคีย์บอร์ดควบคุม	60
4.3.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A	60
4.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51	60
4.3.3 IC ชนิด 8 bit Addressable Latch เบอร์ 74LS259	60
4.3.4 คีย์บอร์ด 16 ปุ่ม	61
4.3.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 โวลต์	61
บทที่ 5 รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน HPPBX Switching Box	63
5.1 หลักการทำงาน	63
5.2 การติดตั้งเพื่อใช้งานภายในบ้าน	65
5.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในวงจร	66
5.3.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A	66
5.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51	66
5.3.3 วงจร INVERTER	68
5.3.4 วงจรสวิตช์โซลิดสเตท	69
5.3.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 โวลต์	69
บทที่ 6 การทดลองและผลการทำงานของระบบ HPPBX	71
6.1 การทดลองเรื่อง ผลการทำงานของระบบ HPPBX	71
6.1.1 วิธีการทดลอง	71
6.1.2 ผลการทดลอง	73
6.1.3 ผลการทดลองการทำงานพิเศษ	73
6.1.4 ผลการทดลองค่าสถานะการทำงานของตำแหน่งต่างๆในวงจร	74
6.1.4.1 การแสดงผลเป็นค่าลอจิก(logic)	74
6.1.4.2 การแสดงผลโดยรูปภาพลักษณะสัญญาณไฟฟ้า	84
6.2 การเปรียบเทียบเรื่องปริมาณของการเดินสายไฟในระบบ HPPBX กับระบบปกติ	88
6.2.1 การวิเคราะห์จากแบบบ้านจำลอง	88
6.2.2 การเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลของการเดินสายไฟของทั้ง 2 ระบบ	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง , คุณสมบัติของระบบ และ แนวทางในการพัฒนา	94
7.1 สรุปผลการทดลอง	94
7.2 คุณสมบัติของระบบ HPPBX (HPPBX Specification)	94
7.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ HPPBX	95
7.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบ HPPBX	96

ภาคผนวก

กิติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของระบบ HPPBX	4
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	4
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของไทรแอก และสัญลักษณ์	6
รูปที่ 2.2 แสดง (ก) แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ SCR (ข) แสดงคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและ แรงดันของไทรแอก	7
รูปที่ 2.3 แสดง ก) แนวทางเดินกระแส ของไทรแอกใน แบบ I^+ - mode ข) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ของไทรแอกใน แบบ I^+ - mode ค) แนวทางเดินกระแส ของไทรแอกใน แบบ I^- - mode ง) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ของไทรแอกใน แบบ I^- - mode	10
รูปที่ 2.4 แสดง ก) แนวทางเดินกระแส ข) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ไทรแอกใน แบบ III^+ - mode	10
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรเปรียบเทียบการทำงาน ของ ไทรแอก แบบ III^- - mode	11
รูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์อุปกรณ์ประเภท ออปโตคัปเปลอร์ และกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง CTR กับ ID ก) โฟโตไดโอด ข) โฟโตทรานซิสเตอร์ ค) โฟโตคาร์ลิงตัน ง) โฟโตเพท จ) โฟโตไดรริสเตอร์ ฉ) โฟโตริซิสเตอร์ ช) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า CTR กับ ID	12
รูปที่ 2.7 แสดง ค่าเวลา Propagation Delay Times , tPHL , tPLH	13
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของ TTL ชนิด NAND Gate	14
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของ NAND Gate a) สถานะ เอาท์พุท Low State b) สถานะเอาท์พุท High State	15
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของ TTL a) กรณีเป็นแหล่งรับกระแส b) กรณีเป็นแหล่งจ่ายกระแส	16
รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์และหลักการทำงานของ MOS FETs a) แสดงตำแหน่งการไบอัส VGS b) แสดงสถานะ OFF c) แสดงสถานะ ON	18

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรของ N-Channel MOS FETs INVERTER	19
a) แสดงวงจร N-MOS INVERTER	
b) แสดงคุณสมบัติของ MOS ในสถานะONและOFF	
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรของ ลอจิกเกท ชนิด N-Channel MOS FETs	20
รูปที่ 2.14 a) N-MOS NAND Gate b) N-MOS NOR Gate	21
ก) NAND Gate ข) NOR Gate ค) basic INVERTER	
รูปที่ 2.15 แสดง 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS – 51	25
รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้าง พอร์ท 0	25
รูปที่ 2.17 แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง	26
รูปที่ 2.18 แสดงวงจร Encoder Oscillator Information	28
รูปที่ 2.19 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3	31
รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด	32
รูปที่ 2.21 แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)	32
รูปที่ 2.22 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)	33
รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะตัวรับและส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485	34
รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmission และ Differential Measurement	35
รูปที่ 2.25 แสดงค่าระดับของสัญญาณที่สามารถตรวจจับและ ถอดรหัสข้อมูล	36
รูปที่ 2.26 แสดงรูปแบบของ No Termination	37
รูปที่ 2.27 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination	38
รูปที่ 2.28 แสดงรูปแบบของ AC Termination	38
รูปที่ 2.29 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination	39
รูปที่ 2.30 แสดงรูปแบบของ Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination	40
รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination	40
รูปที่ 2.32 1) แสดง Logic Symbol ของ SN75176A	42
2) แสดง Logic diagram ของ SN75176A	
รูปที่ 2.33 แสดงตำแหน่งของขา SN75176A	43

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงหลักการทำงานของระบบ HPPBX	46
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ทางเดียว (1-way switch circuit)	47
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ทางเดียว (1-way switch circuit)	48
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ HPPBX	49
รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งระบบ HPPBX ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	50
รูปที่ 3.6 แสดงรูปลักษณะของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	52
รูปที่ 3.7 แสดงรูปลักษณะของชุดกล่องสวิตซ์	53
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณในระบบ HPPBX	54
รูปที่ 4.2 แสดงชุดข้อมูลในการสื่อสาร (1) ข้อมูลชุดที่ 1 (2) ข้อมูลชุดที่ 2	55
รูปที่ 4.3 แสดงวงจร ชุดคีย์บอร์ดควบคุม	62
รูปที่ 5.1 แสดงทิศทางการสื่อสารข้อมูลในระบบ HPPBX	64
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดกล่องสวิตซ์เพื่อใช้งาน	65
รูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	67
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะโครงสร้างและหลักการทำงานของ INVERTER เบอร์ 7406	68
รูปที่ 5.6 แสดงวงจร ชุดกล่องสวิตซ์	70
รูปที่ 6.1 การจัดวางอุปกรณ์ของระบบ HPPBX ในการทดลอง	72
รูปที่ 6.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตซ์ กรณีหลอดไฟปิด (0 Vpp)	84
รูปที่ 6.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตซ์ กรณีหลอดไฟเปิด (61.6 x 10 Vpp , 50.08 Hz)	84
รูปที่ 6.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตเทียบกับขา MT1 ของไตรแอก กรณีหลอดไฟปิด (0 Vpp)	85
รูปที่ 6.5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตเทียบกับขา MT1 ของไตรแอก กรณีหลอดไฟเปิด (1.66 Vpp , 49.99 Hz)	85
รูปที่ 6.6 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขา MT2 เทียบกับขา MT1 ของไตรแอก กรณีหลอดไฟปิด (62.4 x 10 Vpp , 49.92 Hz)	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.7 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขา MT2 เทียบกับขา MT1 ของไทรแอก กรณีหลอดไฟเปิด (1.88 Vpp , 50 Hz)	86
รูปที่ 6.8 สัญญาณข้อมูลการสื่อสารของ HPPBX Bus (7.6 Vpp , 31.38 kHz)	87
รูปที่ 6.9 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89C51 ที่ขา TXD และ RXD (4.88 Vpp , 2.084 kHz)	87
รูปที่ 6.10 รูปแบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบ HPPBX	90
รูปที่ 6.11 รูปแบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบปกติ	91
รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบการเดินสายไฟของระบบปกติกับระบบHPPBX	93



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการทำงานของไตรแอกในขณะที่ได้รับไบอัสในแบบต่างๆ	8
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์ ทีทีแอล รุ่นต่างๆ	17
ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่าง CMOS และ TTLs	22
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้	36
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคุณสมบัติของระบบ RS-485	41
ตารางที่ 6.1 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการเปิด(ON) โหมดการทำงานที่ 1 (#1)	76
ตารางที่ 6.2 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการเปิด(ON) โหมดการทำงานที่ 2 (#2)	77
ตารางที่ 6.3 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการเปิด(ON) โหมดการทำงานที่ 3 (#3)	78
ตารางที่ 6.4 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการปิด(OFF) โหมดการทำงานที่ 1 (#1)	79
ตารางที่ 6.5 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการปิด(OFF) โหมดการทำงานที่ 2 (#2)	80
ตารางที่ 6.6 ค่าสถานะของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม กรณีการปิด(OFF) โหมดการทำงานที่ 3 (#3)	81
ตารางที่ 6.7 ค่าสถานะของวงจรชุดกล่องสวิตซ์กรณการเปิด (ON)	82
ตารางที่ 6.8 ค่าสถานะของวงจรชุดกล่องสวิตซ์กรณการปิด (OFF)	83
ตารางที่ 6.9 เปรียบเทียบผลการใช้งานระบบ HPPBX กับระบบปกติ	92

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

แนวโน้มนៃของสังคมครอบครัวในอนาคตจะมีขนาดเล็ก อันประกอบด้วย พ่อ , แม่ และลูก โดยไม่มี คนรับใช้ คูแลบ้าน ดังนั้น การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบอัตโนมัติทั้งจากภายในตัวบ้านและจากที่ทำงานนอกร้าน และระบบรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรมและอุบัติเหตุจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร จึงมีความสำคัญ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวอาทิเช่น

- กรณีนั่งที่ห้องนั่งเล่น แต่สามารถควบคุมเปิดปิดหลอดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆตามจุดต่างๆ ได้ทั่วทั้งบ้าน จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด
- ก่อนเข้านอน หรือ ตื่นนอนตอนเช้า สามารถสั่งปิดหลอดไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้จากห้องนอน โดยไม่ต้องเดินไล่ปิดทีละจุด
- การสั่งเปิดหลอดไฟฟ้า, กาต้มน้ำร้อน , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องกรองอากาศ หรือ เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ได้ก่อนการกลับถึงบ้าน โดยควบคุมผ่านโทรศัพท์ หรือ Internet
- ก่อนออกจากบ้านสามารถสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ทั้งหมด จากสวิทช์ 1 ชุด โดยไม่ต้องเดินไล่ปิดแต่ละจุด หรือเมื่อถึงที่ทำงานแล้วสามารถสั่งปิดได้จากโทรศัพท์ หรือ Internet ได้
- กรณีที่กลับมาถึงบ้านดึกหรือ ไปต่างจังหวัดหลายวัน หลอดไฟหน้าบ้านหรือภายในบ้านจะเปิดตอนเย็นและปิดเมื่อรุ่งเช้า ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ เพื่อหลอกคนให้เข้าใจผิดว่ามีคนอยู่ในบ้านตามปกติ
- กรณีที่เด็ก หรือ ผู้สูงอายุ อยู่บ้านตามลำพัง แล้วต้องการความช่วยเหลือ หรือมีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้าน เกิดเหตุเพลิงไหม้ หรือ แกสรั่ว เป็นต้น ระบบจะส่งเสียงเตือนภัยให้ รปภ.หรือคนข้างบ้านได้ทราบ และโทรศัพท์ออกไปยังสถานีตำรวจหรือโรงพยาบาลอัตโนมัติ

ดังนั้นจึงได้ออกแบบสร้าง ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน (HPPBX) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 เบอร์ 89C51 โดยส่งสัญญาณควบคุม และข้อมูลสื่อสารของระบบ ผ่าน คู่สายสัญญาณ (2 x 0.8mm /24AWG) จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมซึ่งจะรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ไปยัง ชุดกล่องสวิทช์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าหลัก(220 VAC)ภายในบ้าน และสายสัญญาณควบคุมนี้จะเดินสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนานไปกับสายไฟฟ้าหลัก ให้ครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วทั้งบ้าน ระบบ HPPBX นี้ออกแบบมาเพื่อเป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านInternet , ผ่านโทรศัพท์ , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น ระบบนี้ติดตั้งได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำให้ได้เทคโนโลยีแบบใหม่ที่ทำางานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ได้

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

- 1) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมด จากจุดใดจุดหนึ่งของบ้าน
- 2) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยให้การดำเนินชีวิต ภายในบ้าน สะดวกสบาย และปลอดภัยเพิ่มขึ้น
- 3) เพื่อออกแบบสร้างระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต้นแบบภายในบ้านและเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านInternet , ผ่านโทรศัพท์ , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น
- 4) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่ติดตั้งง่าย และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ใช้หลอดไฟฟ้า ชนิดหลอดไส้ ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ เป็นกรณีศึกษาแทนอุปกรณ์ไฟฟ้า ในการออกแบบ ระบบชุมสายไฟฟ้าภายในบ้าน
- 2) ศึกษาเพื่อนำไปใช้งานจริงภายในบ้าน เพื่อช่วยลดปริมาณการเดินสายไฟฟ้ากำลัง(220 โวลต์) และทำให้การเดินสายไฟภายในบ้านไม่มีความซับซ้อน สะดวก และประหยัดค่าใช้จ่ายลง เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติม
- 3) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C51 ควบคุมการทำงานของระบบ
- 4) ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ตามมาตรฐานการสื่อสาร RS-485 โดยใช้ IC เบอร์ SN75176 บริษัท Texas Instruments Incorporated
- 5) ใช้วงจร โซลิดสเตทสวิทช์ เป็นวงจรสวิทช์ควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้า ของชุดกล่องสวิทช์
- 6) เป็นเทคโนโลยี สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 หลักการทำงานของระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 ควบคุมการทำงาน ได้แก่

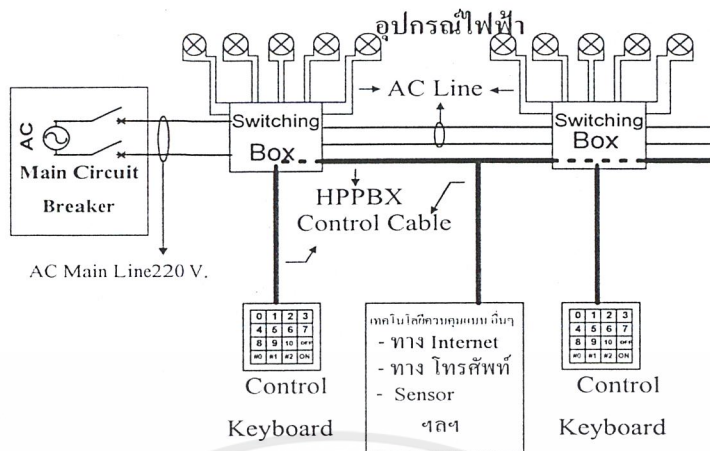
- ชุดคีย์บอร์ดควบคุม (HPPBX Control keyboard) มีลักษณะเป็นคีย์บอร์ด 16 ปุ่ม ใช้กดเลือกเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกอุปกรณ์ในระบบ HPPBX ได้สูงสุด 30 อุปกรณ์ และมีหลอด LED แสดงผลสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ซึ่งสามารถติดตั้งตามตำแหน่งต่างๆภายในบ้านได้สะดวก ค่าใช้จ่ายต่ำและจำนวน ตามความต้องการได้

- ชุดกล่องสวิตชิง (HPPBX Switching Box) มีลักษณะเป็นกล่องที่มีช่องควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 5 ช่อง ต่อ 1 ชุด และในระบบ HPPBX มีได้ทั้งหมด 6 ชุด จะทำงานรับสัญญาณการควบคุมจากชุดคีย์บอร์ดควบคุม

การสื่อสารในระบบนี้ ได้ใช้ Protocol การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ HPPBX และใช้มาตรฐานการส่งสัญญาณด้วยสายส่งสัญญาณ ตามมาตรฐาน RS-485

หลักการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานจะกดปุ่มเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดหรือปิด จากชุดคีย์บอร์ดควบคุม สามารถเลือกได้สูงสุด 30 ตำแหน่งอุปกรณ์ อ้างอิงจากรูปที่ 1 แสดงรูปของชุดคีย์บอร์ดควบคุม ประกอบด้วยปุ่มกด 4 แถว จำนวน 16 ปุ่ม ในแต่ละปุ่มสามารถเลือกควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 3 อุปกรณ์ โดยแบ่งเป็น 3 แถบตำแหน่งอุปกรณ์ ได้แก่ แถบตำแหน่งบน , แถบตำแหน่งกลาง และแถบบottom ซึ่งเลือกแถบตำแหน่งอุปกรณ์ โดยปุ่มกำหนดแถบตำแหน่งอุปกรณ์ ที่แถวที่ 4 ดังนั้นคีย์ จำนวน 10 ปุ่ม จะแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทั้งหมด 30 ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนี้ มีปุ่มเพื่อเลือกควบคุมการเปิด (ON) และปุ่มควบคุมการปิด(OFF) และในทุกๆแถบตำแหน่งอุปกรณ์ จะมีหลอดLED เพื่อแสดงสถานะการเปิดหรือปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น กำกับอยู่

การทำงานของระบบHPPBX อ้างอิงจากรูปที่ 2 ชุดคีย์บอร์ดควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมผ่านสาย HPPBX Control Cable ไปยังชุดกล่องสวิตชิง ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆครอบคลุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วทั้งบริเวณบ้าน แล้วทุกครั้งที่ได้รับสัญญาณควบคุมจากชุดคีย์บอร์ดควบคุม ชุดกล่องสวิตชิงจะส่งสัญญาณแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นกลับมายังชุด คีย์บอร์ดควบคุม ทุกชุด เพื่อแสดงผลทางหลอด LED



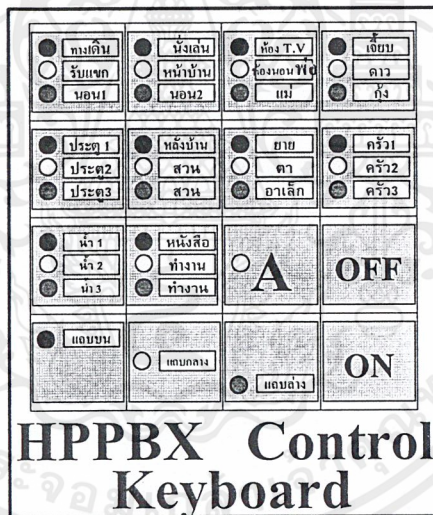
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของระบบ HPPBX

แถวที่ 1

แถวที่ 2

แถวที่ 3

แถวที่ 4



HPPBX Control Keyboard

รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

ดังนั้นผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกตำแหน่งภายในบ้านจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมนี้ และสามารถเพิ่มฟังก์ชัน การตั้งเวลาการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า, การสั่งงานเปิดอัตโนมัติ และการสั่งงานปิดอัตโนมัติ เพิ่มเข้าไปในชุดคีย์บอร์ดควบคุมได้ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมผ่าน Internet, ผ่าน โทรศัพท์, เช่น เซอร์ตรวจจับแบบต่าง, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กริ่งสัญญาณเตือนภัย หรือชุดควบคุมการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ โดยต่อเข้ากับ HPPBX Control Cable โดยใช้การสื่อสารตามมาตรฐานRS-485 และ ใช้ Protocolการสื่อสาร ในแบบเฉพาะของระบบHPPBX

การทำงานของระบบHPPBX ได้เลือกเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 ที่ประยุกต์ใช้งานกับระบบนี้ได้ง่าย และราคาถูก ทำให้ผลิตออกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ โดยใช้ร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 ที่สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลแบบใช้สายส่งขนาดยาว ที่ต้องเดินสายสัญญาณให้ครอบคลุมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วบ้านได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

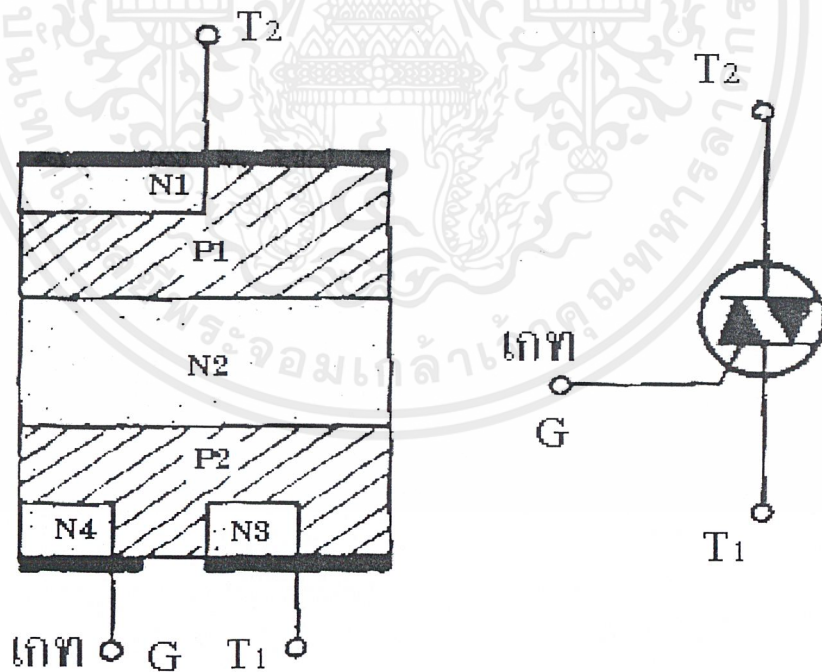
1. ได้เทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมด จากจุดใดจุดหนึ่งของบ้าน
2. ได้เทคโนโลยีต้นแบบเพื่อความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรม และเหตุเพลิงไหม้ เช่น ระบบเสียงเตือนภัย และการโทรศัพท์ออกไปยังสถานีตำรวจแบบอัตโนมัติ เป็นต้น
3. สามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานอื่นได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมเพิ่ม เช่น การสั่งงานปิดอัตโนมัติในกรณีก่อนออกจากบ้าน , การสั่งงานเปิดอัตโนมัติในกรณีเมื่อครั้งแรกที่กลับถึงบ้าน หรือ การตั้งเวลาเปิดปิดในกรณีไม่ได้อยู่บ้านเป็นเวลาหลายวัน เป็นต้น
4. สามารถพัฒนางจรเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ เช่น เครื่องกรองอากาศ , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องทำน้ำอุ่น , ตู้เย็น หรือ ม่านไฟฟ้า เป็นต้น
5. สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน Internet , ทางโทรศัพท์ หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ ให้ใช้งานร่วมกันได้โดยง่าย เป็นการเพิ่มการรักษาปลอดภัยจากการโจรกรรม และอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากนอกบ้าน
6. สามารถพัฒนาเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ ได้

บทที่ 2

หลักการทํางานของอุปกรณ์

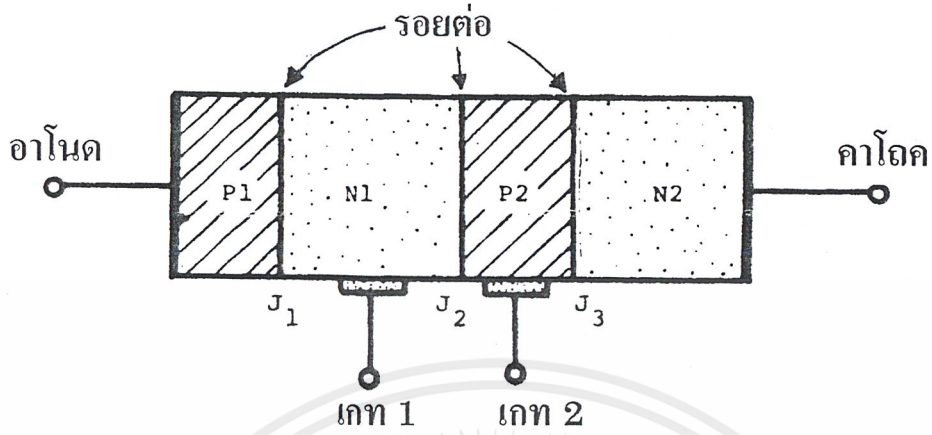
2.1 ไตรแอก (Triac)

โครงสร้างพื้นฐานของ ไตรแอก แสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายๆกับ SCR (Semiconductor-Controlled-Rectifier) ในรูป 2.2 (ก) กล่าวคือ มีเกทหนึ่งเกต และอีกสองขั้วคือ T1 และ T2 ซึ่งกระแสหลักจะไหลผ่าน ไตรแอก แตกต่างจาก SCR ตรงที่ว่า ไตรแอกสามารถทํางานในสภาวะ on-state ได้ โดยการที่ ขั้ว T1 อาจมีศักย์เป็นบวกหรือลบก็ได้ และยิ่งไปกว่านั้น การไบอัสที่ เกท ซึ่งจะกระตุ้นให้ ไตรแอกทํางานนั้นก็อาจเป็น บวกหรือลบได้เช่นกัน ดังนั้น เราอาจเรียก ไตรแอกนี้ว่า Bidirectional thyristor โดยทั่วไป ไตรแอก จะทนกระแสได้น้อยกว่า SCR แต่คุณสมบัติและข้อดีของ ไตรแอกก็มีมาก กล่าวคือ สามารถถูกกระตุ้นให้ทํางานได้โดยแรงดันเกท ซึ่งเป็นได้ทั้งบวกหรือลบ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานการควบคุมการไหลในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของ ไตรแอก โดยทั่วไป ซึ่งจะเห็นได้ว่า ไตรแอก สามารถทํางานในสภาวะ on-state ได้ทั้งในขณะที่ V_{T2} เป็นบวก และลบ

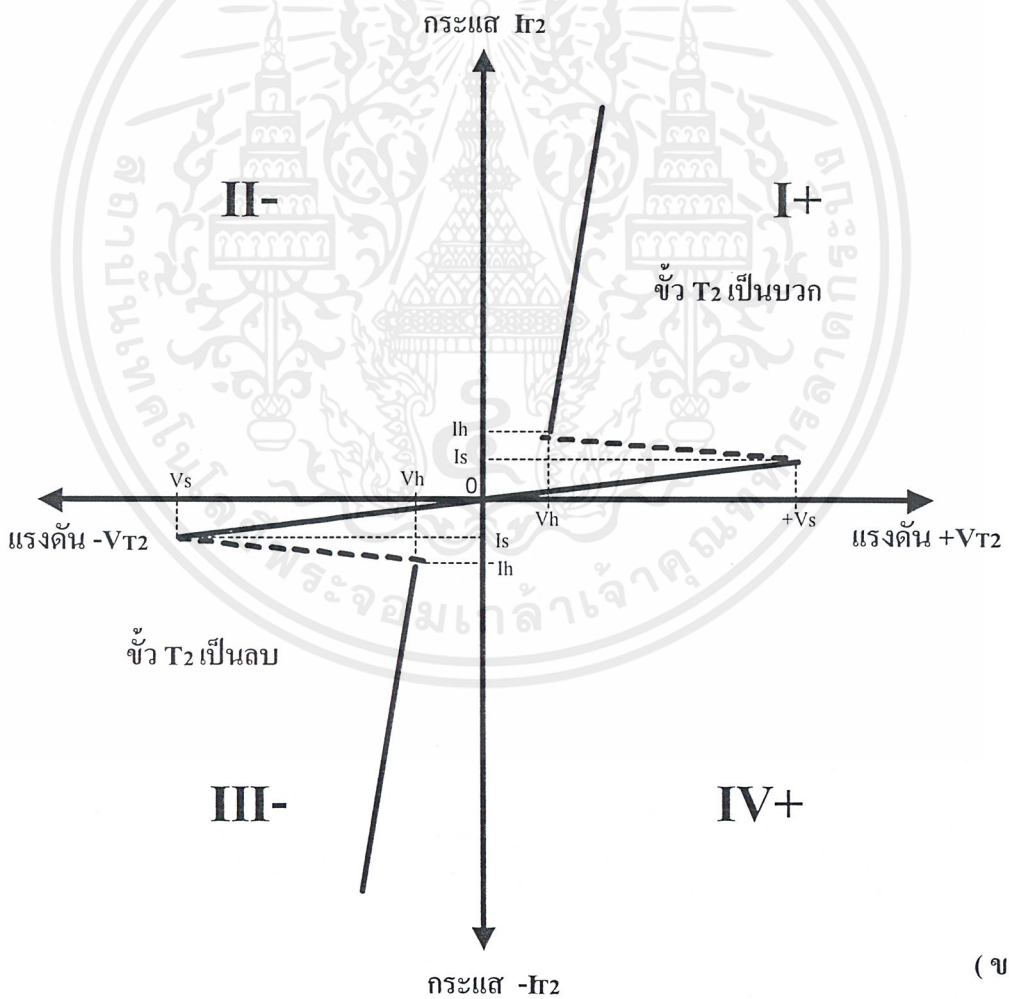


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ ไตรแอก และสัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 แสดง (ก) แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ SCR

(ข) แสดงคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของไทรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่า V_s , I_s คือ ระดับแรงดันและกระแสวิตซ์ ซึ่งไบอัสขาเกตแล้วทำให้ไทรแอกมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่สถานะ on-state คือระดับ V_h , I_h ที่เป็นระดับแรงดันและกระแสโฮลดิ้ง (holding) ในจุดที่ไทรแอกเริ่มคืนสถานะ นำไฟฟ้า (conducting) ซึ่งลักษณะการทำงานของไทรแอกในขณะที่ได้รับไบอัสในแบบต่างๆ สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการทำงานของไทรแอกในขณะที่ได้รับไบอัสในแบบต่างๆ

Mode	คัถ์ยของขั้ว T_2 เมื่อเทียบกับ T_1	คัถ์ยของเกต เมื่อเทียบกับ T_1
I^+	บวก	บวก
I^-	บวก	ลบ
III^+	ลบ	บวก
III^-	ลบ	ลบ

การทำงานลักษณะ I^+ mode (ขั้ว T_2 เป็นบวก และ เกต เป็นบวก)

ในการทำงานของไทรแอกในลักษณะนี้ กล่าวคือ คล้ายกับการทำงานของ SCR 2 ตัวต่อขนานกัน ได้แก่ รอยต่อ p1-n2-p2-n4 และ p1-n2-p2-n3 หรือเปรียบเทียบเหมือนกับทรานซิสเตอร์ 2 คู่ (TR1, TR2) ต่อร่วมกันดังรูปที่ 2.3 (ก),(ข) โดยขาเกตจะมีคัถ์เป็นบวกเมื่อเทียบกับขั้ว T_1 กระแสเกต I_{g1} จะไหลจากขั้ว p2 ไป n3 ผ่านความต้านทาน ของชั้น p2 แทนด้วยค่า R ทำให้กระแสไหลจาก T_2 มา T_1 ได้

การทำงานในลักษณะ I^- mode (ขั้ว T_2 เป็นบวก และ เกต เป็นลบ)

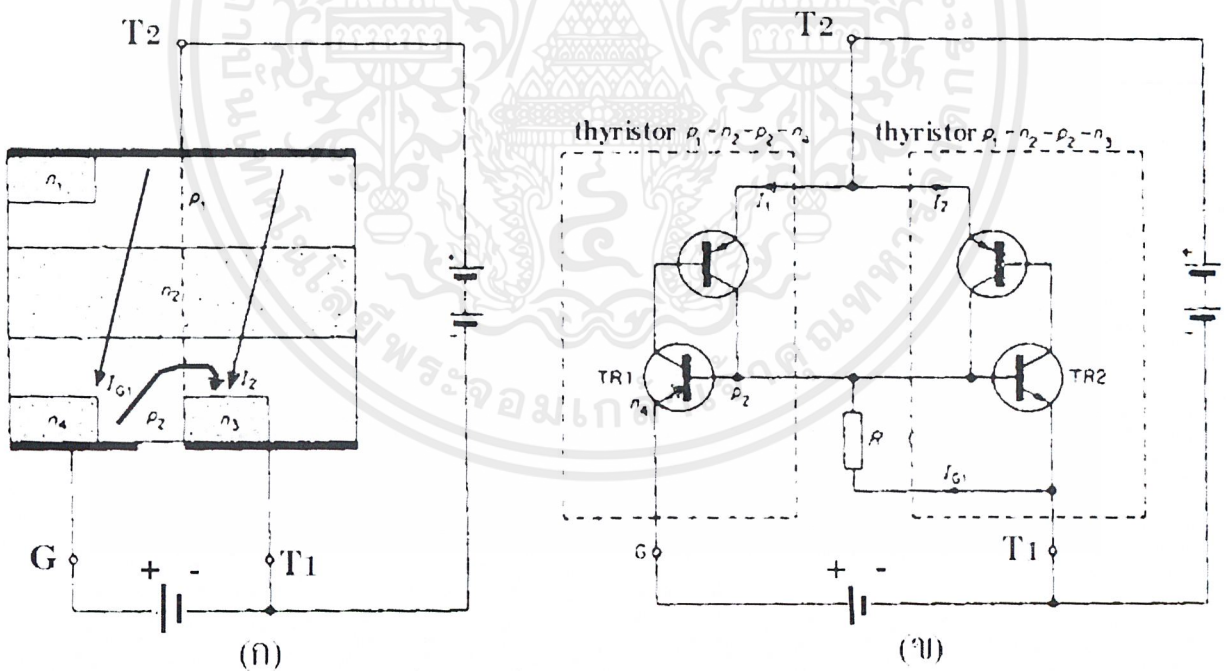
การทำงานของไทรแอกในลักษณะนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.3 โดยรูป (ค) แสดงแนวทางกระแสซึ่งไหลผ่านไทรแอก และ (ง) แสดงวงจรเปรียบเทียบซึ่งใช้สำหรับอธิบายการทำงานของไทรแอก กล่าวคือ ประกอบด้วย SCR สองตัวต่อร่วมกันโดยมี p1-n2-p2-n4 และ p1-n2-p2-n3 เกตจะมีคัถ์เป็นลบเมื่อเทียบกับขั้ว T_1 กระแสเกต I_{g1} จะไหลจากขั้ว T_1 ผ่านความต้านทาน R เกิดจากค่าความต้านทานของส่วน p2 ดังรูปที่ 2.3 (ค) ไหลเข้าไปในรอยต่ออิมิตเตอร์ (p2-n4) ของ SCR ตัวที่ 1 คือ p1-n2-p2-n4 กระแส I_{g1} จะกระตุ้น SCR ตัวที่ 1 ในการทำงานในสถานะ on-state ทำให้มีกระแส I_1 ไหลผ่าน SCR ตัวนี้ และมีบางส่วนของกระแส I_1 จะไหลผ่านเข้าไปในเบสของ SCR ตัวที่ 2 (TR2) และทำให้ SCR ตัวนี้ (p1-n2-p2-n3) ทำงานในสถานะ on-state ในที่สุดจะเกิดกระแส I_2 ไหลผ่าน SCR ตัว ที่ 2 นี้ หรือ จาก ขา T_2 ไป T_1

การทำงานในลักษณะ III⁺ mode (ขั้ว T2 เป็นลบและเกทเป็นบวก)

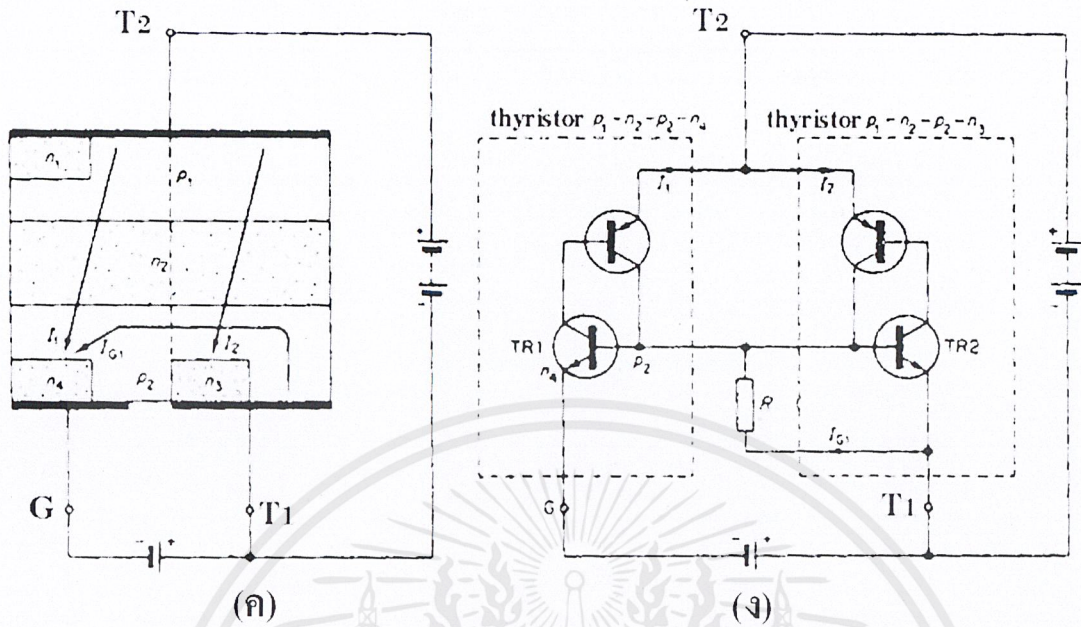
การทำงานแบบนี้กระแสส่วนใหญ่จะไหลผ่านชั้น p2-n2-p1-n1 วงจรเปรียบเทียบของ ไตรแอกกรณีนี้ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 3 ตัว ความต้านทาน R ในรูปที่ 2.4 (ข) ก็คือความต้านทานของส่วน p2 ขณะที่เกทของไตรแอก ได้รับศักย์บวกจะทำให้มีกระแสฉีดเข้าไปในเบสของ TR1 ซึ่ง กระแส คอลเลคเตอร์ของ TR1 จะไหลเข้าไปใน TR2 และในที่สุด TR2 และ TR3 จะทำงานยอมให้กระแสไหลผ่านได้ หรือทำให้กระแสไหลจาก T1 ไป T2 ได้

การทำงานในลักษณะ III⁻ mode (ขั้ว T2 เป็นลบ และเกทเป็นลบ)

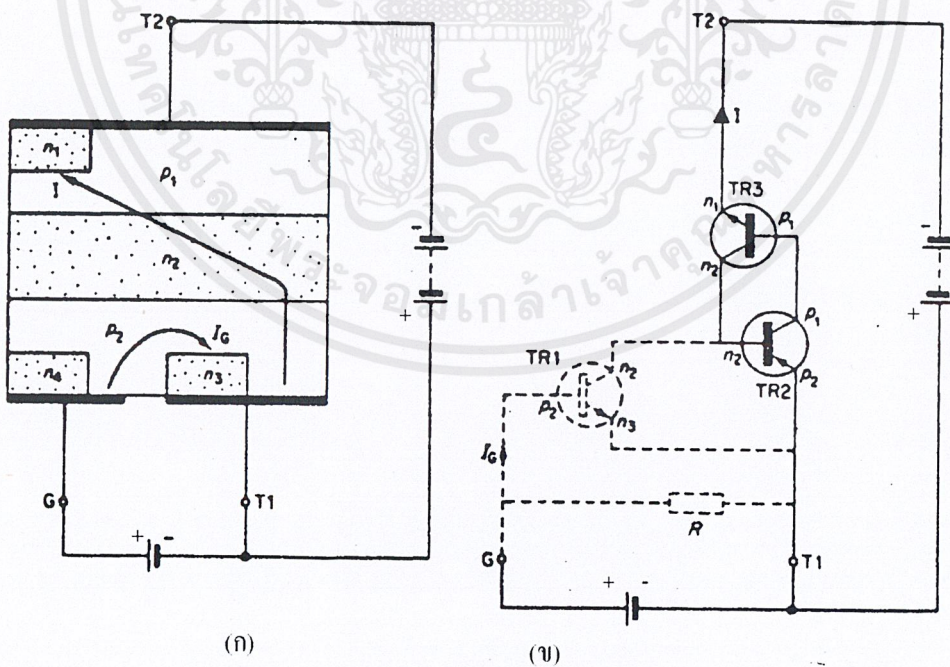
ลักษณะวงจรเปรียบเทียบการทำงานของไตรแอกในลักษณะนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 3 ตัว เช่นกัน แต่ TR1 คือ n2-p2-n4 เมื่อให้ศักย์ลบแก่ขั้ว n4 ของ TR1 (ซึ่งก็คือเกทของไตรแอกนั่นเอง) ทำให้ทรานซิสเตอร์ TR1 ทำงาน เกิดมีกระแสอิเล็กตรอนฉีดเข้าไปในส่วน n2 ของไตรแอก ประจุพาหะเหล่านี้จะทำให้โครงสร้างหลักของไตรแอก (คือ TR2 และ TR3) ทำงานและยอมให้กระแสไหลผ่าน T1 ไปยัง T2 ได้



รูปที่ 2.3 แสดง ก) แนวทางเดินกระแส ของไตรแอกใน แบบ I⁺ - mode
ข) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ของไตรแอกใน แบบ I⁺ - mode

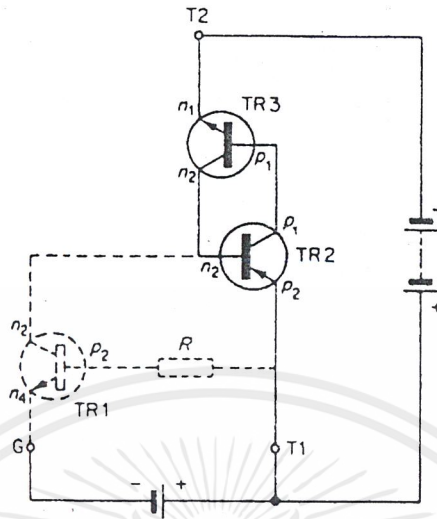


รูปที่ 2.3 แสดง ก) แนวทางเดินกระแส ของไทรแอกใน แบบ I⁻ mode
 ง) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ของไทรแอกใน แบบ I⁻ mode



รูปที่ 2.4 แสดง ก) แนวทางเดินกระแส ข) วงจรเปรียบเทียบการทำงาน ไทรแอกใน แบบ III⁺ mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรเปรียบเทียบการทำงานของ ไตรแอก แบบ III - mode

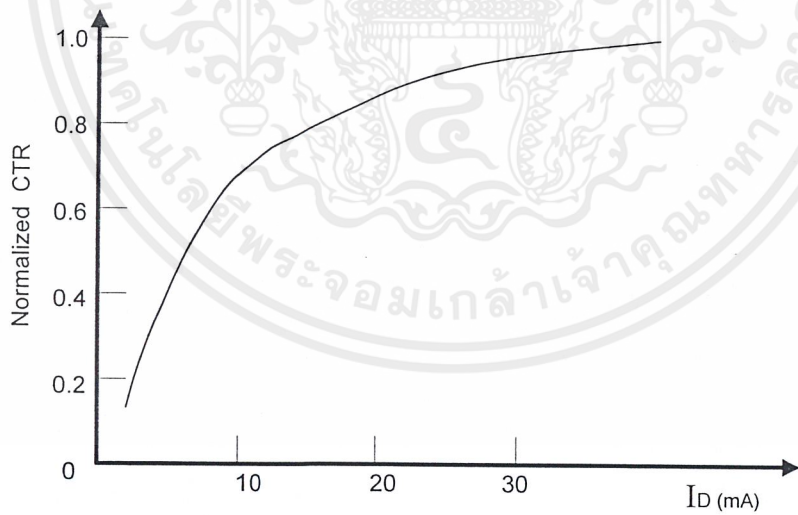
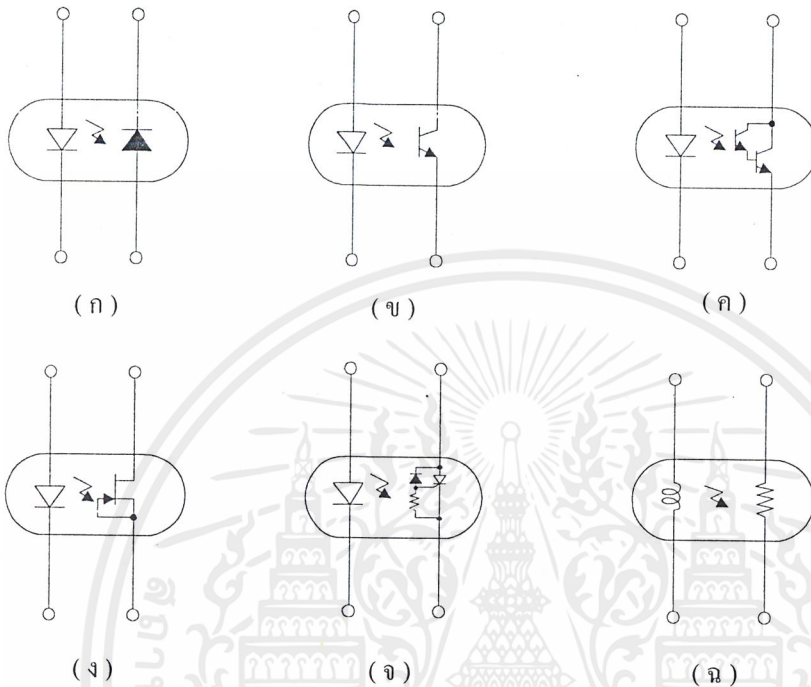
2.2 โฟโต้คัปเปิลเลอร์ (The Photocoupler)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างภายในเป็น แหล่งกำเนิดแสง และ ตัวรับแสง เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นกระแสไฟฟ้า ที่อยู่ภายในชิป (chip) ตัวเดียวกัน แต่ โครงสร้างไม่เชื่อมต่อกันทำให้นำไปใช้งานในด้าน การแยกวงจรไฟฟ้าแรงสูงออกจากวงจรไฟฟ้าแรงต่ำได้ หรือ เป็นอุปกรณ์ ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-isolator) โดยโครงสร้างอย่างง่าย คือ เส้นลวดตัวนำที่ทำให้เกิดแสงได้ ที่ใช้ในหลอดไฟฟ้า (Filament Lamp) และ โฟโตริซิสเตอร์ (Photo resistors) แต่เมื่อนำไปใช้งานจริงแล้วมีผลเรื่องอุณหภูมิ ทำให้เฟสของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไป จนปัจจุบันได้พัฒนามาเป็น LED (Light Emitting Diodes) ที่ให้แสงอินฟราเรด (Infrared) ที่สร้างมาจากสาร แกลเลียมอาเซไนด์ (GaAs) ที่ให้ประสิทธิภาพการส่งผ่านสัญญาณได้ดี อันได้แก่ โฟโตไดโอด (Photodiodes) , โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistors) , โฟโตคาร์ลิงตัน (Photo-Darlington) , โฟโตเฟท (Photo-FETs) , และ โฟโตไทรริสเตอร์ (Photothyristors) , ซึ่งแสดงประสิทธิภาพการทำงานคิดจาก ค่าอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (current transfer ratios , CTR) หาได้จากอัตราส่วนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ระหว่างกระแสเอาต์พุต (input current , I_p) เทียบกับ กระแสอินพุต (input current , I_D)

ดังนั้นการ $CTR = \frac{dI_p}{dI_D}$ โดยทั่วไปจะใช้สำหรับการพิจารณาตั้งแต่อุปกรณ์ โฟโตไดโอด จนถึง

โฟโตคาร์ลิงตัน ที่มีอัตราขยายกระแสสูง ยกเว้น อุปกรณ์ โฟโตริซิสเตอร์ แสดงได้จากรูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ประเภทต่างๆ และกราฟ แสดงค่า CTR เพื่อให้เลือกใช้งานได้เหมาะสมกับงาน ซึ่งค่า

กระแสที่ได้ในอุปกรณ์ประเภทนี้มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linearity) จึงใช้งานกับสัญญาณดิจิทัล (Digital) ได้ดีกว่า สัญญาณ อนุภาค (Analog)



(ฉ)

รูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์อุปกรณ์ประเภท ออปโตคัปเปิลเลอร์ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CTR กับ I_D
 ก) โฟโตไดโอด ข) โฟโตทรานซิสเตอร์ ค) โฟโตคาร์ลิงตัน ง) โฟโตเฟท จ) โฟโตไทรริสเตอร์
 ฉ) โฟโตรีซิสเตอร์ ช) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า CTR กับ I_D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์ ลอจิก ชนิด ทรานซิสเตอร์ – ทรานซิสเตอร์ ลอจิก

(Transistors – Transistor Logic , TTL)

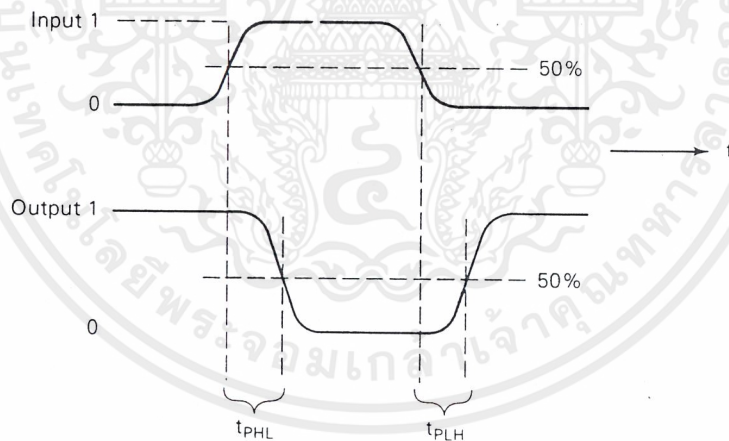
2.3.1 Propagation Delays

สัญญาณที่ผ่านวงจร ลอจิก (Logic) จะเกิด propagation delay times ขึ้น 2 แบบ ได้แก่

t_{PLH} คือ การหน่วงเวลา (Delay times) ขณะที่ ลอจิก 0 (Low) เปลี่ยนเป็น ลอจิก 1 (High)

t_{PHL} คือ การหน่วงเวลา ขณะที่ ลอจิก 1 (High) เปลี่ยนเป็น ลอจิก 0 (Low)

ปกติแล้ว t_{PLH} และ t_{PHL} มีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นกับค่าความจุไฟฟ้าแฝงในวงจร ซึ่งค่า propagation delays นี้ใช้เปรียบเทียบ ความเร็ว ระหว่าง วงจรลอจิกที่ต่างกัน ได้ ซึ่งค่า t_{PHL} วัดจากระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 0 เป็น 1 ของสัญญาณ อินพุต เทียบกับ ระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ของสัญญาณ เอาท์พุท และ ค่า t_{PLH} วัดจากระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณ จาก 1 เป็น 0 ของสัญญาณ อินพุท กับระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 0 เป็น 1 ของสัญญาณ เอาท์พุท ของอุปกรณ์ลอจิก ชนิด อินเวอร์สเตอร์(Invertor) แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดง ค่าเวลา Propagation Delay Times , t_{PHL} , t_{PLH}

2.3.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ลอจิก ทีทีแอล (The TTL Logic Action)

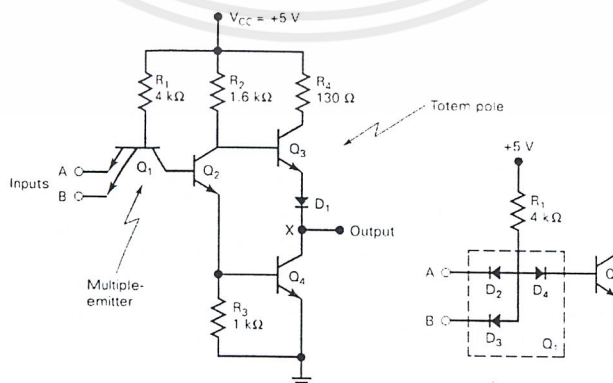
เทคโนโลยีของอุปกรณ์ทีทีแอล ได้รับการพัฒนาเป็นเวลามากกว่า 30 ปีแล้ว ปัจจุบันได้นำมาใช้ในวงจรประเภท ดิจิตอล กันอย่างแพร่หลาย เป็นวงจรที่สามารถจ่ายกระแสไฟ ได้สูง ซึ่งทำให้อยู่ในรูปของวงจรรวม (ICs) หรือ ชิพ (Chip) โครงสร้างและการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ แบบเบื้องต้นได้แก่โครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างและหลักการทำงานของ ทีทีแอล ชนิด NAND Gate อธิบายดังในรูปที่ 2.8 โดยทรานซิสเตอร์ Q1 ประกอบด้วย 2 ขา อิมิตเตอร์(Emitter) มี 2 รอยต่อ E-B (Emitter – Base Junction) ที่ควบคุมสถานะ ON ของ Q1 สำหรับทรานซิสเตอร์แบบ Multiple-emitter input transistor นี้สามารถมีได้สูงสุด 8 อินพุต ของ NAND Gate ส่วนด้าน เอาท์พุท ของวงจรประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 อยู่ในลักษณะการต่อแบบTotem-pole ทำงานสลับกัน เมื่อให้สัญญาณ เอาท์พุทเป็น 0 (Low) หรือ 1 (High) ดังแสดงในรูปที่ 2.8

2.3.2.1 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 0 (Low State)

เพื่อให้การพิจารณาง่ายขึ้น จึงพิจารณาแทนรอยต่อ E-B ของ Q1 เป็นไดโอด D2 และ D3 ส่วนรอยต่อ คอลเลกเตอร์-เบส (Collector-Base , C-B) เป็นไดโอด D4 ดังรูปที่ 2.8 เมื่อให้สัญญาณ เอาท์พุทของ NAND Gate ที่ พอร์ต X เป็น Low แสดงดังรูปที่ 2.9 (a) ซึ่งจะต้องให้พอร์ตอินพุท A และ B เป็น +5 โวลต์ ทำให้ D2 และ D3 อยู่ในสถานะ OFF แล้วกระแสจะไหลผ่าน R1 และ D4 เป็นกระแสไบอัสที่ขาเบสของ Q2 ทำให้ Q2 อยู่ในสถานะ ON ทำให้กระแสเป็นกระแสไบอัสขาเบสของ Q4 ทำให้ Q4 อยู่ในสถานะ ON ส่วนขา คอลเล็กเตอร์ ของ Q2 ทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน R2 เกิดแรงดันคร่อม R2 ทำให้แรงดัน ของรอยต่อ C-B ของ Q2 มีค่าน้อยลง หรือทำให้แรงดันรอยต่อ B-E ของ Q3 ไม่เพียงพอที่จะ ทำให้ Q3 ON ได้ เนื่องจากแรงดันรอยต่อ B-E ของ Q4 กับกราวด์ มีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ และ Q2 อยู่ในสถานะอิ่มตัว (Saturate) ซึ่ง V_{CESAT} ประมาณ 0.1 โวลต์ ทำให้แรงดัน รอยต่อ B-E ของ Q3 ประมาณ 0.8 โวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้ Q3 และ D1 อยู่ในสถานะ ON พร้อมกันได้(ต้องใช้แรงดันอย่างน้อย 1.4 โวลต์) ดังนั้น ในกรณีนี้ D1 ทำหน้าที่ควบคุมสถานะ OFF ของ Q3 สำหรับทรานซิสเตอร์ Q4 อยู่ในสถานะ ON และต่อกับ พอร์ต(Port) เอาท์พุท X ที่มีค่าแรงดันต่ำมาก และ Q4 เสมือนลัดวงจร ดังนั้น Q4 จะดึงกระแสจากด้านอินพุท ของอุปกรณ์ ทีทีแอล ที่เข้ามาต่อกับ พอร์ต X นั้น ในกรณีนี้เอาท์พุทจะเป็นสถานะ Low หรือ ลอจิก 0 และ อุปกรณ์ทีทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งรับกระแส (Current – Sinking Action)

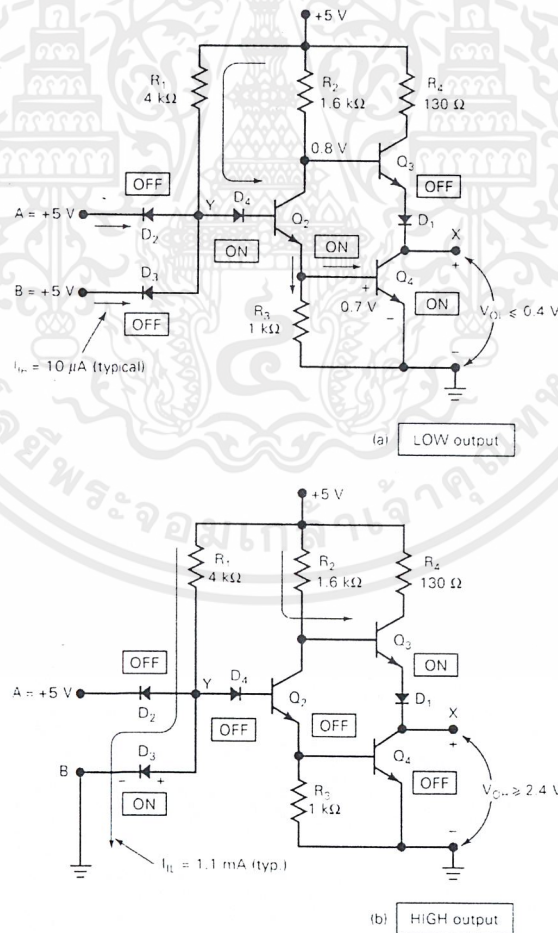


รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของ TTL ชนิด NAND Gate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 1 (High State)

เมื่อให้สัญญาณ เอาท์พุท ที่พอร์ต X มีค่าเป็น 1 (High) ดังนั้น ทางด้าน พอร์ตอินพุท A และ B จะมีค่าเป็น 0 (Low) ทั้งคู่หรือเพียงแค่ 1 พอร์ต และจากรูปที่ 2.9 (b) ให้ พอร์ต B ต่อกับกราวนด์ คือสถานะเป็น Low ส่วน พอร์ต A ต่อกับ +5 โวลต์ (High) พิจารณาการทำงานของวงจรดังนี้ เมื่อไดโอด D3 สถานะ ON ทำให้แรงดันของรอยต่อที่จุด Y มีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอทำให้รอยต่อ E-B ของ Q2 เป็นสถานะ ON ได้ และเช่นเดียวกัน ทำให้ Q4 และ Q2 เป็นสถานะ OFF และเมื่อ Q2 OFF ทำให้แรงดันคร่อม R2 เกิด กระแสไบอัสที่ขาเบสของ Q3 ซึ่งเพียงพอให้ Q3 และ Q1 เป็นสถานะ ON ได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาแรงดันที่พอร์ต X จะได้แรงดัน ประมาณ 3.4–3.8 โวลต์ ซึ่งแรงดันดังกล่าวสามารถนำไปใช้อ้างอิงให้กับ อุปกรณ์อื่นที่นำมา ได้เป็นสถานะ High หรือ ลอจิก 1 ได้ และในกรณีนี้ อุปกรณ์ที่ทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งจ่ายกระแส (Current-Sourcing Action) อธิบายได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของ NAND Gate

a) สถานะ เอาท์พุท Low State b) สถานะเอาท์พุท High State

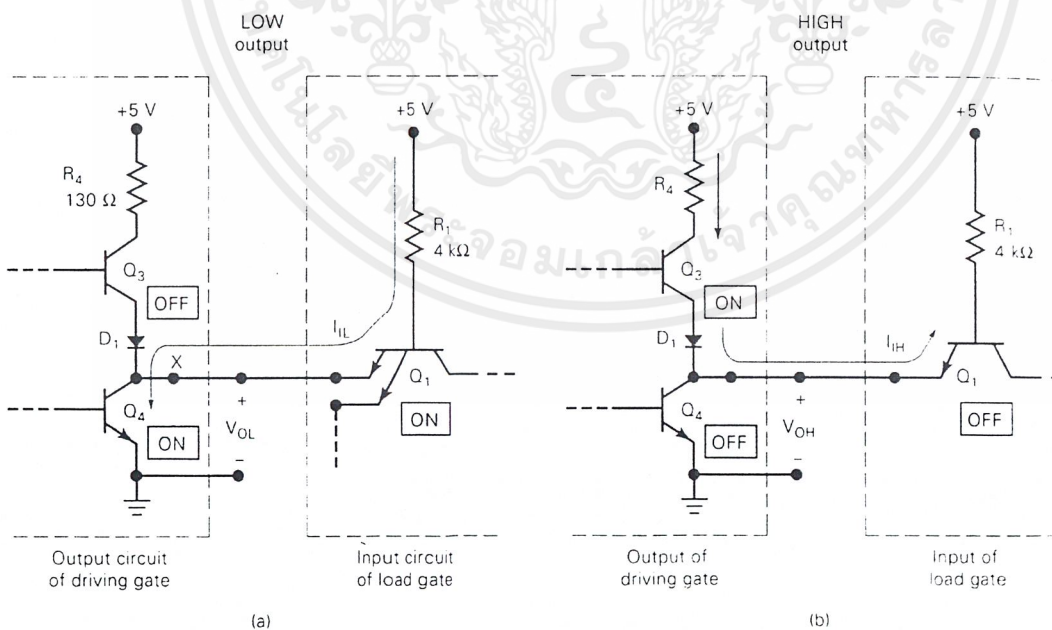
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งรับกระแสของ อุปกรณ์ที่ทีแอล (Current Sinking Action)

เอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งรับกระแส เมื่อ เอาท์พุทเป็น สถานะ Low หรือ ลอจิก 0 จะรับกระแสจากด้าน อินพุทของอุปกรณ์ ลอจิกอื่นที่นำมาต่อกับพอร์ตเอาท์พุท นี้ แสดงดังรูปที่ 2.10 a) ในขณะที่เอาท์พุทสถานะเป็น Low ทรานซิสเตอร์ Q4 จะเสมือน ลัดวงจร จุด X กับกราวนด์ ทำให้เกิดการดึงกระแสจาก Q1 ที่อยู่ในสถานะ ON ซึ่งกระแสที่ดึงจาก Q1 ลงกราวนด์นี้เรียกว่า I_{IL} ส่วนแรงดันที่จุด X เทียบกับกราวนด์นี้เรียกว่า V_{OL} และ Q1 ทำหน้าที่เป็น แหล่งรับกระแส หรือ พูลดาวน์ ทรานซิสเตอร์ (Pull Down Transistor) เพราะทำให้ระดับสัญญาณเอาท์พุท สถานะเป็น Low

2.3.4 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายกระแสของ อุปกรณ์ที่ทีแอล (Current Sourcing Action)

เอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งจ่ายกระแส เมื่อ เอาท์พุทอยู่ใน สถานะ High ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับด้าน อินพุทของอุปกรณ์ลอจิกอื่นที่นำมาต่อกับพอร์ตเอาท์พุทนี้ แสดงดังรูปที่ 2.10 b) ทรานซิสเตอร์ Q3 จะอยู่ในสถานะ ON ส่วน Q4 และ Q1 จะเป็นสถานะ OFF ซึ่ง Q3 จะทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับ Q1 แต่เป็นได้เพียงกระแสรั่วไหลของสถานะรีเวิร์สไบอัส ของรอยต่อ E-B เท่านั้น มีค่าประมาณ $10\mu A$ เรียกว่า I_{IH} และ แรงดันที่ เอาท์พุท เทียบกับกราวนด์มีค่าสูง เรียกว่า V_{OH} ซึ่ง Q3 จะทำหน้าที่เป็น แหล่งจ่ายกระแส หรือ พูลอัพ ทรานซิสเตอร์ เพราะทำให้ระดับสัญญาณเอาท์พุท สถานะเป็น High



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของ TTL a) กรณีเป็นแหล่งรับกระแส b) กรณีเป็นแหล่งจ่ายกระแส

2.3.5 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ทีแอล รุ่นต่างๆ

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์ ทีทีแอล รุ่นต่างๆ*

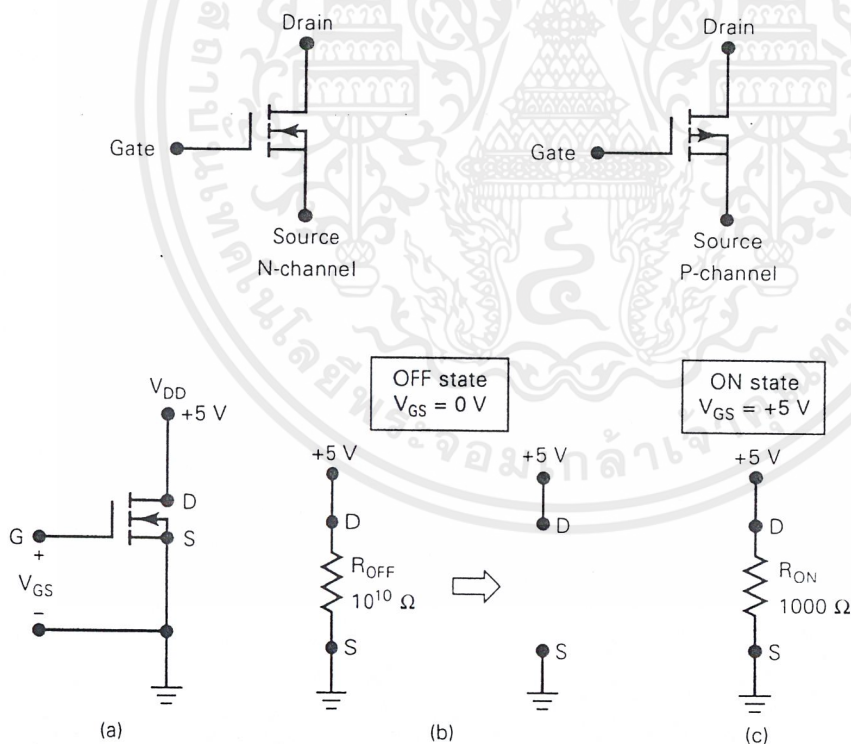
พารามิเตอร์	รุ่นต่างๆ ของ TTL						
	74	74S	74LS	74AS	74ALS	74F	
อัตราการทำงาน							
Propagation delay (ns)	9	3	9.5	1.7	4	3	
Power dissipation (mW)	10	20	2	8	1.2	6	
Speed-power product (pJ)	90	60	19	13.6	4.8	18	
Max. clock rate (MHz)	35	125	45	200	70	100	
Worst-Case Noise Margin (mV)	400	300	300	300	400	300	
Fan-out (same series)	10	20	20	40	20	33	
พารามิเตอร์ด้านแรงดัน							
V _{OH} (min)	2.4	2.7	2.7	2.5	2.5	2.5	
V _{OL} (max)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	
V _{IH} (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
V _{IL} (max)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
พารามิเตอร์ด้านกระแส							
Outputs	I _{OH} (mA)	-0.4	-1	-0.4	-2	-0.4	-1
	I _{OL} (mA)	16	20	8	20	8	20
Inputs	I _{IH} (uA)	40	50	20	20	20	20
	I _{IL} (mA)	-1.6	-2	-0.4	-0.5	-0.1	-0.6

* หมายเหตุ ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆอาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยอ้างอิงจาก Data sheet

2.4 อุปกรณ์ วงจรรวมดิจิทัลประเภท มอส (MOS Digital Integrated Circuit)

เทคโนโลยี มอส (Metal Oxide Semiconductors , MOS) พัฒนามาจากเทคโนโลยีทรานซิสเตอร์แบบ เฟต (Field-effect , FETs) ได้เป็นอุปกรณ์ MOS FETs ได้แก่ชนิด N-Channel และ P-Channel ข้อดีของ MOS คือ สร้างง่าย , ราคาถูก , ขนาดเล็ก , ใช้พลังงานต่ำ และสามารถจ่ายปริมาณกระแส ได้มากกว่า อุปกรณ์ตระกูลทีทีแอล เช่น 74 , 74LS และ 74ALS แต่มีข้อเสียด้านความเสียหายง่าย จากไฟฟ้าสถิตย์ แต่ถึงอย่างไร ICs ตระกูล ทีทีแอล ปัจจุบันยังคงได้รับการนำไปใช้งานในวงจรร้อยอย่างแพร่หลายเช่นกัน

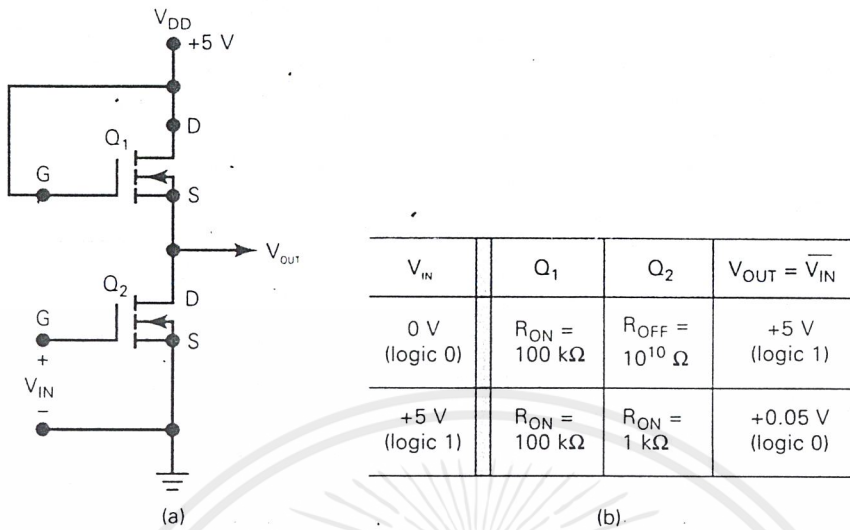
จากรูป 2.11 แสดงการไบอัส(Bias) MOS FETs ให้ทำหน้าที่เสมือนสวิตช์อยู่ในสถานะ ON แสดงสถานะเป็นตัวต้านทานค่าต่ำๆ หรือเปรียบกับการที่กระแสไหลครบวงจร เมื่อมีการไบอัส $V_{GS} = +5$ โวลต์ และสวิตช์อยู่ในสถานะ OFF จะแสดงสถานะเป็นตัวต้านทานค่าสูงมาก หรือเปรียบกับการเปิดวงจร กระแสไม่สามารถไหลผ่านโหลดได้ เมื่อมีการไบอัส $V_{GS} = 0$ โวลต์ ของ MOS FETs ชนิด N-Channel และสำหรับชนิด P-Channel ค่า $V_{GS} = -5$ โวลต์จึงจะทำให้ สวิตช์ ON และ $V_{GS} = 0$ โวลต์ จะทำให้สวิตช์ OFF แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์และหลักการทำงานของ MOS FETs

a) แสดงตำแหน่งการไบอัส V_{GS} b) แสดงสถานะ OFF c) แสดงสถานะ ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



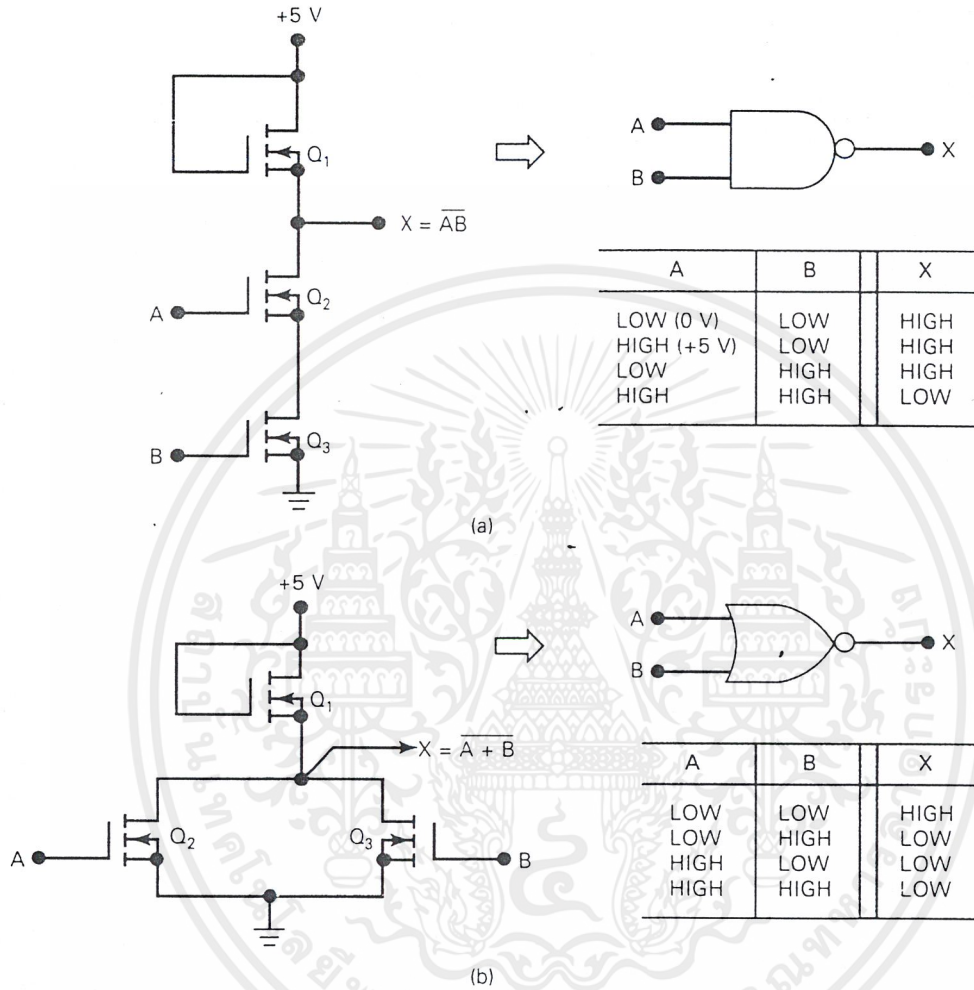
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรของ N-Chammel MOS FETs INVERTER

a) แสดงวงจร N-MOS INVERTER b) แสดงคุณสมบัติของ MOS ในสถานะ ON และ OFF

อธิบายการทำงานเบื้องต้นของ MOS FETs ได้จากวงจรของ INVERTER ชนิด N-Chammel MOS FETs แสดงจากรูปที่ 2.12 ดังนี้

เมื่อให้อินพุทเป็น ลอจิก 0 หรือ $V_{IN} = 0$ โวลต์ จะได้เอาต์พุทเป็นลอจิก 1 หรือ V_{OUT} ประมาณ +5 โวลต์ ตามหลักการทํางานของ INVERTER โดยปกติ Q_1 แสดงตัวเป็น $R_{ON} = 100 \text{ k}\Omega$ เพราะได้รับการไบอัส $V_{DD} = +5$ โวลต์ ทำให้อยู่ในสถานะ ON ส่วน Q_2 จะแสดงตัวเป็นการเปิดวงจร หรือ $R_{OFF} = 10^{10}$ โอห์ม ทำให้อยู่ในสถานะ OFF และเมื่อให้อินพุทเป็น ลอจิก 1 หรือ $V_{IN} = +5$ โวลต์ จะได้เอาต์พุทเป็นลอจิก 0 หรือ V_{OUT} ประมาณ +0 โวลต์ โดย Q_2 จะแสดงตัวเป็น $R_{ON} = 1 \text{ k}\Omega$ ซึ่ง V_{OUT} คือการแบ่งแรงดันของ $R_{ON(Q1)} = 100 \text{ k}\Omega$ และ $R_{ON(Q2)} = 1 \text{ k}\Omega$ ได้ V_{OUT} ประมาณ 0.05 โวลต์ซึ่งประมาณได้ว่าเท่ากับ 0 โวลต์ได้

จากหลักการทํางานข้างต้น ได้มีการนำไปพัฒนาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์ลอจิกต่างๆ อาทิเช่น N-MOS NAND Gate , NOR Gate , FLIP-FLOP แบบต่างๆ และวงจรของหน่วยความจำในวงจรคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.13



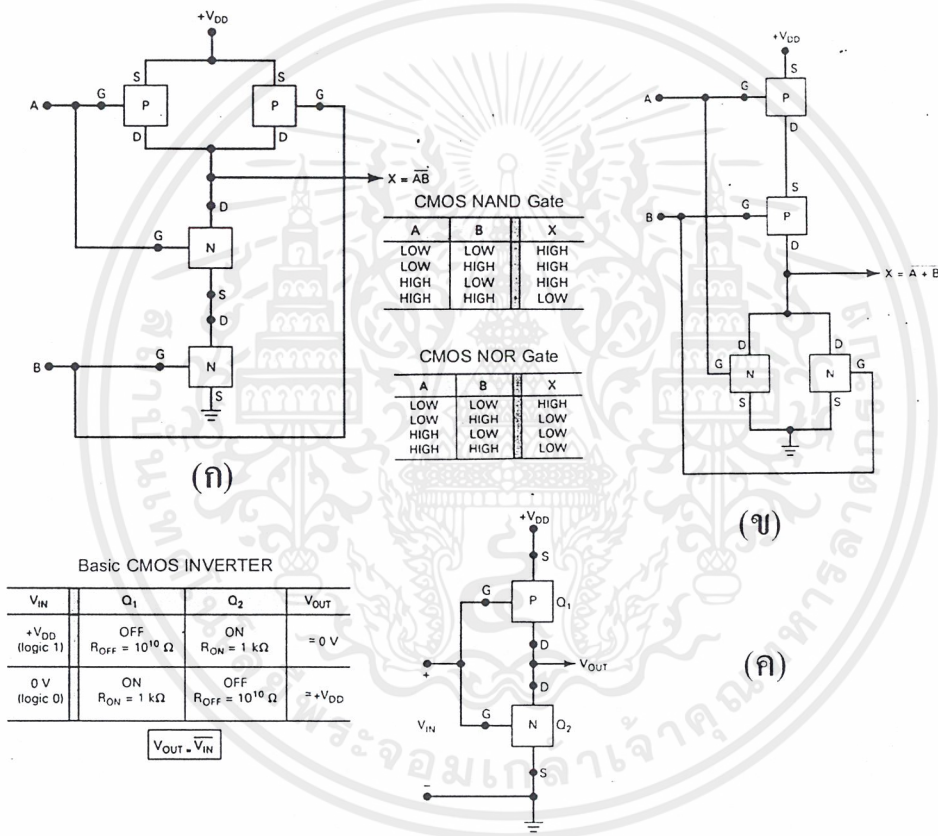
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรของ ลอจิกเกท ชนิด N-Channel MOS FETs

- a) N-MOS NAND Gate b) N-MOS NOR Gate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Complementary MOS Logic (CMOS)

อุปกรณ์ประเภท CMOS คือการนำ P-MOS และ N-MOS Channel มาใช้งานร่วมกัน โดยนำข้อดีของแต่ละแบบมาใช้งาน ทำให้ได้ อุปกรณ์ ที่ทำงานได้เร็วกว่า และ ใช้พลังงานต่ำกว่า ทรานซิสเตอร์ MOS อาทิเช่น CMOS Invertir , CMOS NAND Gate และ NOR Gate แสดงดังรูปที่ 2.14 รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะโครงสร้างของ CMOS



ก) NAND Gate ข) NOR Gate ค) basic INVERTER

และเช่นเดียวกัน อุปกรณ์ ประเภท CMOS ได้มีการพัฒนาขึ้นมาหลายรุ่นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแบบต่าง รวมถึงการนำไปใช้งานร่วมกับ อุปกรณ์ตระกูล TTLs ด้วย ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ 4000/14000 , 74C , 74HC/HCT (High-Speed CMOS) , 74AC/ACT (Advance CMOS) และ 74AHC (Advance High-Speed CMOS)

เพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ลอจิกให้เหมาะสมกับงาน ควรที่จะได้ทราบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ 2 ประเภท ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่าง CMOS และ TTLs

เมื่อ $V_{DD} = V_{CC} = +5$ โวลต์

V_{DD} = แรงดันไบอัส CMOS V_{CC} = แรงดันไบอัส TTLs

พารามิเตอร์	CMOS							TTL			
	4000B	74HC	74HCT	74AC	74ACT	74AHC	74AHCT	74	74LS	74AS	74ALS
$V_{IH}(\text{min})$	3.5	3.5	2.0	3.5	2.0	3.85	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$V_{IL}(\text{max})$	1.5	1.0	0.8	1.5	0.8	1.65	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
$V_{OH}(\text{min})$	4.95	4.9	4.9	4.9	4.9	4.4	3.15	2.4	2.7	2.7	2.7
$V_{OL}(\text{max})$	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.44	0.1	0.4	0.5	0.5	0.4
V_{NH}	1.45	1.4	2.9	1.4	2.9	0.55	1.15	0.4	0.7	0.7	0.7
V_{NL}	1.45	0.9	0.7	1.4	0.7	1.21	0.7	0.4	0.3	0.3	0.4
$I_{IH}(\text{max})(\mu\text{A})$	1	1	1	1	1	1	1	40	20	200	20
$I_{IL}(\text{max})(\mu\text{A})$	1	1	1	1	1	1	1	1600	400	2000	0.1A
$I_{OH}(\text{max})(\text{mA})$	0.4	4	4	24	24	8	8	0.4	0.4	2	400
$I_{OL}(\text{max})(\text{mA})$	0.4	4	4	24	24	8	8	16	8	20	8
Power dissipation per gate (mW)	1 μ W	2.5 μ W	2.5 μ W	5 μ W	5 μ W	90nW	90nW	10	2	8	1.2
Static At 100kHz	0.1	0.17	0.17	0.08	0.08	0.006	0.006	10	2	8	1.2
Propagation delay (ns)	50	8	8	4.7	4.7	3.7	3.7	9	9.5	1.7	4
Speed-power (at 100kHz) (pJ)	5	1.4	1.4	0.37	0.37	0.02	0.02	90	19	13.6	4.8
Maximum Clock rate (MHz)	12	40	40	100	100	130	130	35	45	200	70
Wrost-case Noise margin (V)	1.5	0.9	0.9	0.7	0.7	0.55	0.55	0.4	0.3	0.3	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS – 51

2.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS – 51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไป มีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทมเมอร์ เคา้นเตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND , OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

2.6.2 โครงสร้างภายในของ 8051

MCS – 51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.15

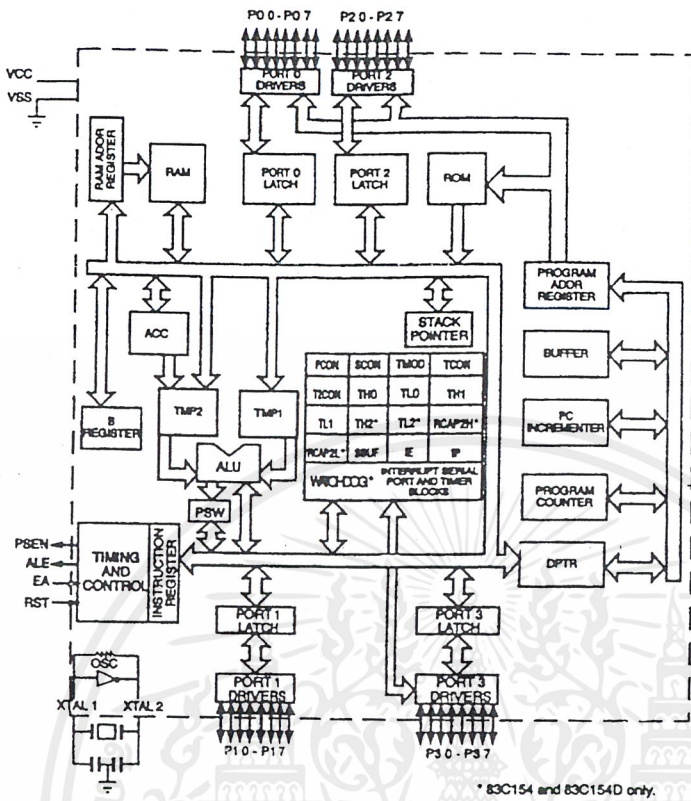
พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขาซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

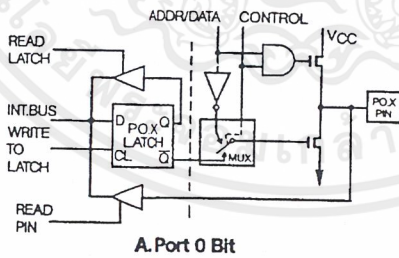
- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5V
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-directional ดังรูปที่ 2.16

พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอดเดรสบัส และ ดาต้าบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “ 1 “ ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น “ 1 “ ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ตแลทช์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ READ (pin)

พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P1.0-P01.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน



รูปที่ 2.15 แสดง 8051 บล็อกโคแอมแกรมของ MCS - 51



รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0

พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถใช้เป็น แอแดเรสส์ขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไปเมื่อจะ ใช้งานเป็นอินพุท พอร์ตต้องส่งลอจิก “ 1 “ มาที่พอร์ต นี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสถานะ OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นไอโอพอร์ทถ้าจะให้มันเป็นอินพุตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้ามาไปสัญญาณต่างๆมีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจรCounter 0

P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจรCounter 1

P3.6/ \overline{WR} (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/ \overline{RD} (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

-**ALE** (ขา 30) เป็นขาส่งสไตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมาจากพอร์ท (0) สัญญาณนี้จะแอกทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 เมกซ์ซินไซเคิล

- **\overline{PSEN}** (ขา 29) เป็นขาสไตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละเมกซ์ซินไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

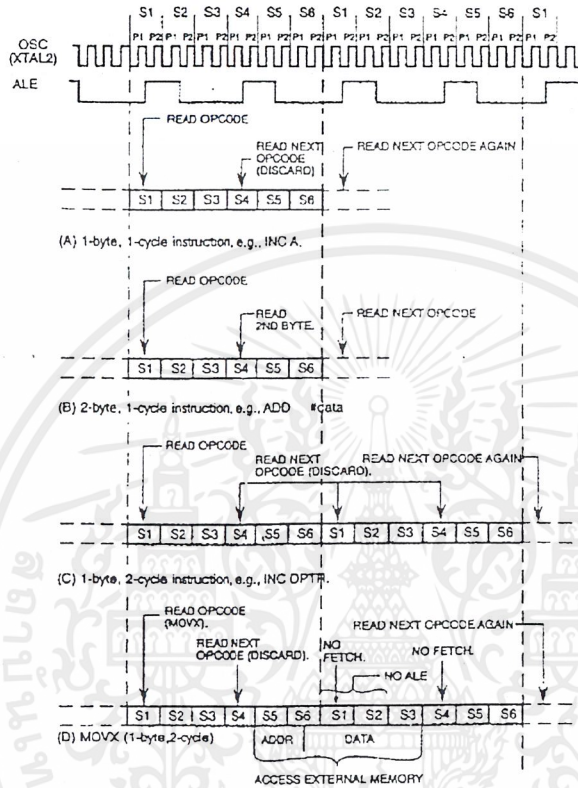
- **\overline{EA}** (ขา 31) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 ป้อน “0” จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
 ป้อน “1” จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ

-**RST** (ขา 9) ขารีเซ็ต จะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก “1” เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 เมกซ์ซินไซเคิล

-**XTAL1** (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตของวงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน

-**XTAL2** (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตของวงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน

2.6.3 ฝั่งเวลาของซีพียู (CPU Timing)



รูปที่ 2.17 แสดงฝั่งเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

การทำงานใน 1 คำสั่งที่สุดกินเวลาเพียง 1µS ซึ่งจะใช้คล็อกไปเท่ากับ 12 ลูก โดยปกติซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 12 MHz ดังนั้น คล็อก 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ 1µS

2.6.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ

8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (RAM) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกซีพียูมีความจุ 64 กิโลไบต์

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) เป็นพื้นที่ที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์ โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอคเคสและ Indirect Address Area ดังนั้นถ้าต้องการติดต่อกับ SFR ต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1) รีจิสเตอร์แบงก์ (Register Bank 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00h-1Fh) เป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงก์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงก์ละ 8 ไบต์ รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงก์ จะมีรีจิสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่ แบงก์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็จะกลับมาทำงานที่แบงก์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทั้งนี้

2) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-2Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิตซึ่งตำแหน่งบิตนี้มีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 2Fh

3) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละ ไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้ต้องระวังในการเขียนข้อมูลมาที่บิตสแตค

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 เป็นประเภท CMOS 8 Bit ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง มีส่วนของหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมใหม่และลบข้อมูลใน ROM ได้ ประเภท Flash Programmable and Read Only Memory (PEROM) จำนวน 4 กิโลไบต์ ผลิตตรงตามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS-51 โดยบริษัท Atmel Corporation เป็น ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ ราคาถูก มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้หลายด้าน และหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปจะเหมือนกับไมโคร-คอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ดังนั้น เบอร์ 89C51 จึงได้รับการผลิตขึ้นมาให้มีส่วนของ Memory ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้โดยง่าย (PEROM) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีแบบใหม่ และเช่นเดียวกันกับ การพัฒนาสร้างระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน (HPPBX) นี้ ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C51 เป็นวงจรในการควบคุมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลครั้งละบิตแบบต่อเนื่องกันไปโดยส่งบิตต่ำออกไปก่อนแล้วตามด้วยบิตสูง ซึ่งแตกต่างกับการส่งข้อมูลแบบขนานที่ส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมกัน การส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายสัญญาณ 1 เส้นต่อ 1 บิต แต่การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวสำหรับข้อมูลทุกบิต

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีโครงสร้างที่สำคัญหลายอย่างเช่นความเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า Baud rate มีหน่วยเป็น บิต/วินาที เช่นความเร็ว 1200 , 2400 , 4800 หรือ 9600 เป็นต้น หากใช้ความเร็ว 2400 บิต/วินาที จะใช้เวลาในการส่ง 1 บิตเท่ากับ 1/2400 วินาที ซึ่งสามารถคำนวณเวลาในการส่งข้อมูลได้

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) ที่สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Full Duplex อยู่ 1 พอร์ต การรับส่งแบบ Full Duplex หมายถึงว่าพอร์ตอนุกรมสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมทางด้านส่งและรับข้อมูล ทำโดยการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมชื่อ SCON

2.6.5.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์เฉพาะที่ทำหน้าที่ควบคุม โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเป็นที่ยึดข้อมูลบิตที่ 9 ของการรับข้อมูล (บิต TB8 และ RB8) และมีแฟลกของการร้องขออินเทอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ด้วย บิตต่างๆดังแสดงในรูป 2.18 การควบคุมการทำงานเราจะกำหนดบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วย คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล(MOV) หรือ ใช้คำสั่งการเซต(SET) หรือ เคลียร์(CLR)บิต ก็ได้เนื่องจาก รีจิสเตอร์ SCON อ้างอิงตำแหน่งแบบบิตได้

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SCON : Serial Port Control Register

รูปที่ 2.18 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON

ความหมายของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ SCON เป็นดังนี้

- **SM0 และ SM1** เป็นบิตกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมซึ่งมี 4 โหมดดังนี้

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน	อัตรารับส่ง
0	0	0	Shift Register	$F_{osc}/12$
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	$f_{osc}/32$ หรือ $f_{osc}/64$
1	1	3	9 bit UART	Variable

ตารางที่ 2.4 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

- **SM2** เป็นบิตควบคุมให้ทำงานในลักษณะการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน สำหรับการใช้งานในโหมด 2 หรือ โหมด 3 เป็นดังนี้

SM2 = 1 จะทำให้แฟล็กอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (RI) ไม่ถูกเซตเมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วมีค่าบิตที่ 9 เป็น 0 (อยู่ในบิต RB8) สำหรับการทำงานในโหมด 1 ถ้าเซต SM2 = 1 แฟล็กอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (แฟล็ก RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มี STOP BIT การใช้งานในโหมด 0 ต้อง กำหนด SM2 = 0

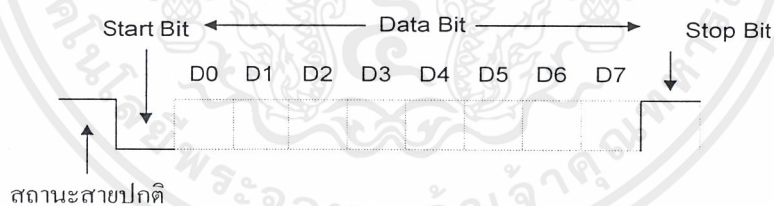
- **REN** เซตหรือรีเซต ด้วยซอฟต์แวร์เป็นตัวควบคุมการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ดังนี้
 - 1 = ให้มีการรับข้อมูล
 - 2 = ไม่ให้มีการรับข้อมูล
- **TB8** เป็นบิตข้อมูลที่ 9 ที่ต้องการส่งในโหมด 2 และ 3 สามารถเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์-
- **RB8** เป็นบิตเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 ในโหมด 2 หรือ 3 สำหรับการทำงานในโหมด 1 หากกำหนดให้ บิต SM2 = 0 บิต RB8 จะเป็นค่าของ STOP BIT ที่รับเข้ามา สำหรับโหมด 0 ไม่มีการใช้ RB8
- **TI** แฟล็กของการอินเตอร์รัพต์ด้านส่งข้อมูล แฟล็กนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อจบการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือเมื่อเริ่มต้นส่ง STOP BIT ในโหมด 1, 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟล็กนี้ด้วยซอฟต์แวร์ เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการส่งข้อมูลแล้ว
- **RI** แฟล็กอินเตอร์รัพต์ด้านรับข้อมูล ถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 ถูกรับเข้ามาหรือเมื่อ STOP BIT ถูกรับเข้ามาในครั้งแรกในโหมด 1, 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟล็กนี้ด้วยซอฟต์แวร์เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งและรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมจะมีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลอยู่ 1 ตัวคือ รีจิสเตอร์ SBUF การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำโดยการใส่ข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF การอ่านข้อมูลจากภายนอกที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจะอ่านจากรีจิสเตอร์ SBUF เช่นกัน วงจรด้านรับจะมีบัฟเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาประกอบอยู่ภายใน (การมีบัฟเฟอร์รับข้อมูลทำให้ด้านรับสามารถรับข้อมูลไบต์ที่ 2 เข้ามาได้ทันทีหลังจากข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้วแม้ยังไม่ถูกอ่านออกไป แต่ถ้าข้อมูลไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านก่อนที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 จะเข้ามาครบข้อมูลไบต์ที่ 2 จะถูกยกเลิก)

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมด คือ โหมด 0 , 1 , 2 และ 3 แต่ละโหมดมีการทำงานดังต่อไปนี้

- โหมด 0 ข้อมูลขนาด 8 บิต แบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และ ข้อมูล 8 บิต ส่งออกแบบอนุกรมทางขา TXD การรับและส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตต่ำ (LSB) ก่อน อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา
- โหมด 1 ใช้การรับและส่งข้อมูลแบบ 10 บิต ซึ่งข้อมูลอนุกรม 10 บิตเข้ามาทาง RXD และข้อมูลขนาด 10 บิต ส่งออกทางขา TXD โดยข้อมูล 10 บิตประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล(การรับ/ส่งจะเริ่มจากบิตต่ำก่อน) และ 1 Stop bit (ค่า 1) ด้านรับข้อมูลจะนำค่า Stop bit ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้สามารถกำหนดได้ตามต้องการ



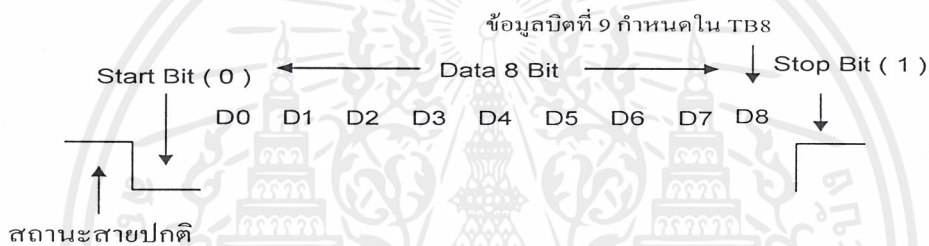
รูปที่ 2.18 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1

- โหมด 2 ใช้การรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ข้อมูลแบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และส่งออกไปทางขา TXD ซึ่งข้อมูล 11 บิต ประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล (การรับ/ส่งเริ่มจากบิตต่ำก่อน) , 1 บิตข้อมูลที่กำหนดค่าได้ และ 1 Stop bit (ค่า 1) สำหรับด้านส่งข้อมูลบิตที่ 9 จะกำหนดไว้ใน TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งเราสามารถกำหนดเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ในการใช้งานเราอาจใช้บิตข้อมูลบิตที่ 9 เป็นบิตตรวจสอบ (Parity) ก็ได้โดยการนำค่าในแฟล็ก P มากำหนดให้กับ TB8 เมื่อข้อมูล 8 บิตมาจากแอดคิวิตูเดเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราได้การตรวจสอบการส่งข้อมูลแบบพาริตีคู่ ในกรณีของการรับข้อมูลจะนำข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต

RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วน Stop bit จะไม่มีการนำมาเก็บ อัตราการรับและส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเลือกใช้ความเร็วได้ 2 ค่าคือ 1/31 หรือ 1/64 เท่าของสัญญาณนาฬิกา

- โหมด 3 การทำงานในโหมด 3 จะมีลักษณะคล้ายกับโหมด 2 แต่ในโหมด 3 เราสามารถกำหนดอัตราการรับและส่งข้อมูลได้ตามต้องการ

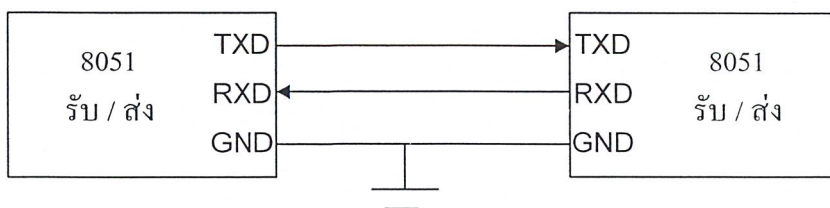
การทำงานของพอร์ตอนุกรมทั้ง 4 โหมด การส่งข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อมีการกำหนดข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF จะใช้คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล เช่น MOV SBUF,#15H หรือ MOV SBUF,@R1 ก็ได้ การรับข้อมูลในโหมด 0 จะเริ่มต้นรับข้อมูลเมื่อค่าของบิต RI = 0 และ REN = 1 ส่วนในโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อกำหนดบิต REN = 1 และมี Start bit เข้ามาที่ขา RXD



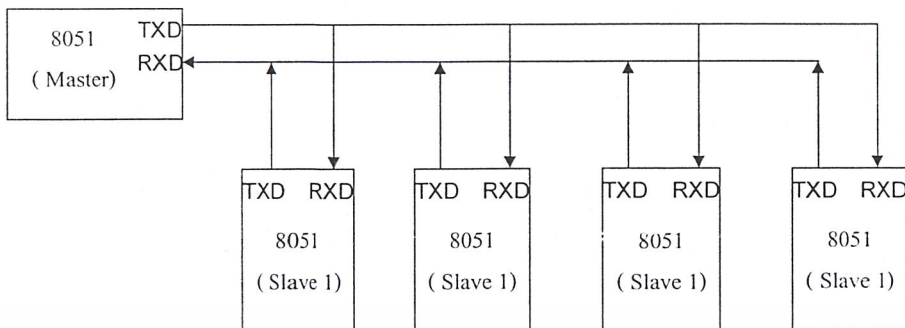
รูปที่ 2.19 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3

2.6.5.2 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)

การติดต่อสื่อสารทั่วไปจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบจุดต่อจุดซึ่งมีตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับ 1 ตัว แต่ในบางครั้งการควบคุมจำเป็นต้องทำการสื่อสารแบบหลายจุด ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลกันได้หลายตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.20



(ก) การต่อแบบจุดต่อจุด



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด

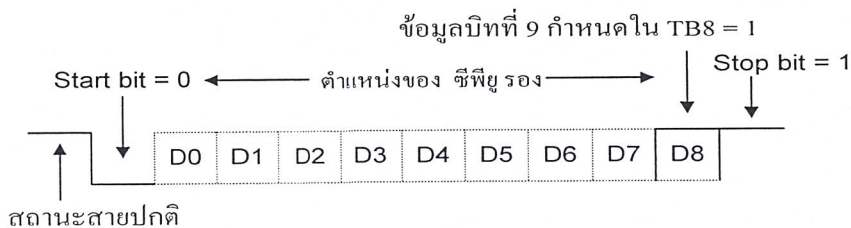
การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในโหมด 2 และ โหมด 3 มีการทำงานพิเศษ ที่สามารถใช้สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัวได้ การทำงานทั้ง 2 โหมดนี้ข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บในบิต RB8 เราสามารถโปรแกรมเพื่อกำหนดให้พอร์ตอนุกรมส่งสัญญาณร้องขออินเตอร์รัพต์ได้เมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วได้ค่าใน RB8 = 1 ซึ่งการควบคุมนี้กำหนดจากการเซตบิต SM2 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON การทำงานในการเชื่อมต่อสื่อสารกับซีพียูหลายตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้

ในระบบที่เชื่อมต่อแบบหลายจุดเรากำหนดให้ซีพียูตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นซีพียูหลัก (Master) สำหรับควบคุมการติดต่อกับซีพียูตัวอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นซีพียูรอง (Slave) สัญญา TXD ของซีพียูหลักต่อเข้ากับสัญญาณ RXD ของซีพียูรองทุกตัว ทำให้ข้อมูลจากซีพียูหลักสามารถส่งไปยังซีพียูรองได้ทุกตัว ที่ตัวซีพียูรองจะมีตำแหน่งของตัวเอง (Address) ที่กำหนดไว้จากโปรแกรมหรือฮาร์ดแวร์ โดยมีการแบ่งลักษณะของข้อมูลที่ใช้ส่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง จะมีค่าบิตข้อมูลบิตที่ 9 (D8) มีค่าเป็น 1 ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของซีพียูรอง ที่ซีพียูหลักต้องการติดต่อกับ ลักษณะของข้อมูลที่กำหนดตำแหน่งแสดงในรูปที่

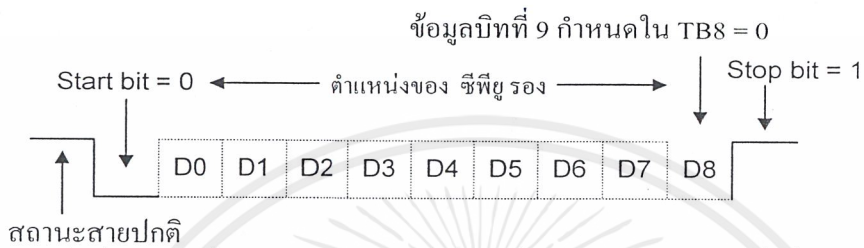
2.21



รูปที่ 2. 21 แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

2) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เป็น ไบต์ที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูล และนำไปใช้งานโดยข้อมูล ไบต์นี้จะกำหนดให้บิตที่ 9 (D8) เป็น 0 ซึ่งรูปแบบของไบต์ข้อมูลจะเป็นดังรูปที่ 2.22



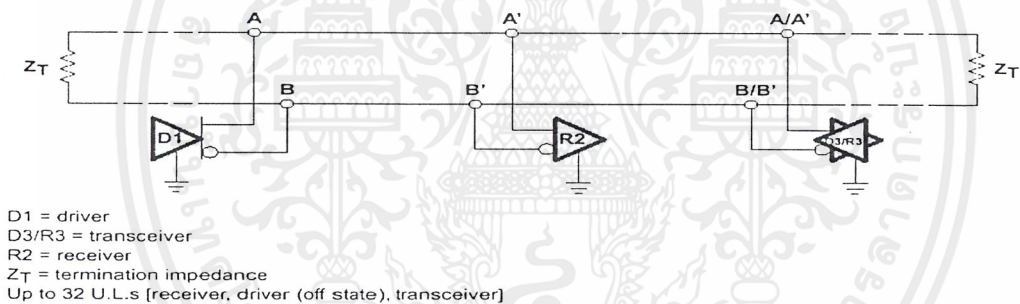
รูปที่ 2.22 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เมื่อซีพียูหลักต้องการส่งข้อมูล 1 บล็อกไปให้ซีพียูรองตัวใดตัวหนึ่งในหลายๆตัว ชั้นแรก ซีพียูหลักต้องส่งค่า 1 ไบต์ ซึ่งถือเป็นตัวบอกตำแหน่งของซีพียูรอง (Address byte) ออกไปก่อนเพื่อเป็นการเลือกซีพียูรองที่ต้องการให้รับข้อมูล โดยข้อมูล 1 ไบต์นี้จะแตกต่างกับข้อมูลอื่นๆคือบิตที่ 9 มีค่าเป็น 1 ข้อมูลไบต์นี้ถูกส่งออกไปยังซีพียูรองทุกตัว หากเรากำหนดให้ซีพียูรองทุกตัวมีค่าบิต SM2 = 1 เมื่อซีพียูรองทุกตัวได้รับข้อมูล ไบต์ตำแหน่งแล้วจะเกิดการอินเตอร์รัพต์ขึ้นภายในตัวซีพียูรอง ซีพียูรองจะทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งที่รับมานั้นมีค่าตรงกับตัวเองหรือไม่ ซีพียูรองตำแหน่งที่มีตำแหน่งตรงกับตำแหน่งที่รับได้จะทำการเคลียร์บิต SM2 และเตรียมรับข้อมูลที่เป็นข่าวสารต่อไป สำหรับซีพียูรองตำแหน่งที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่รับมาจะยังคงค่า SM2 = 1 อยู่ต่อไป และจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์แล้วกลับไปทำโปรแกรมที่ค้างอยู่ และรอการอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นจากการรับไบต์ตำแหน่งในครั้งใหม่อีก หลังจากซีพียูหลักส่งข้อมูล ไบต์แรกซึ่งเป็นตำแหน่งออกไปแล้ว จะเริ่มส่งข้อมูลซึ่งถือเป็นไบต์ข้อมูลมีบิตที่ 9 เป็น 0 ตามออกไป ข้อมูลนี้จะมีเพียงซีพียูที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้นที่รับข้อมูลไว้ การส่งข้อมูลก็จะเป็นระหว่างซีพียูหลักกับซีพียูรองที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้น เมื่อการส่งข้อมูลสิ้นสุดลงซีพียูหลักจะต้องส่งข้อมูล ไบต์สุดท้ายที่ใช้เป็นตัวบอกให้ด้านรับทราบว่าสิ้นสุดข้อมูล ซึ่งอาจใช้รหัส ASCII ค่า 03 (ETX End of text) หรือ 04 (EOT End of transmission) ก็ได้ เมื่อซีพียูรองได้รับรหัสนี้แล้วก็จะทราบว่า เป็นข้อมูลตัวสุดท้ายและหยุดการรับข้อมูล แล้วเซตค่าบิต SM2 = 1 เพื่อเริ่มต้นรอรับการส่งข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในรอบต่อไป

บิต SM2 จะไม่มีผลในโหมด 0 สำหรับการใช้งานในโหมด 1 หาก SM2 = 1 การอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลจะไม่เกิดขึ้นหาก ไม่มี Stop bit เข้ามา

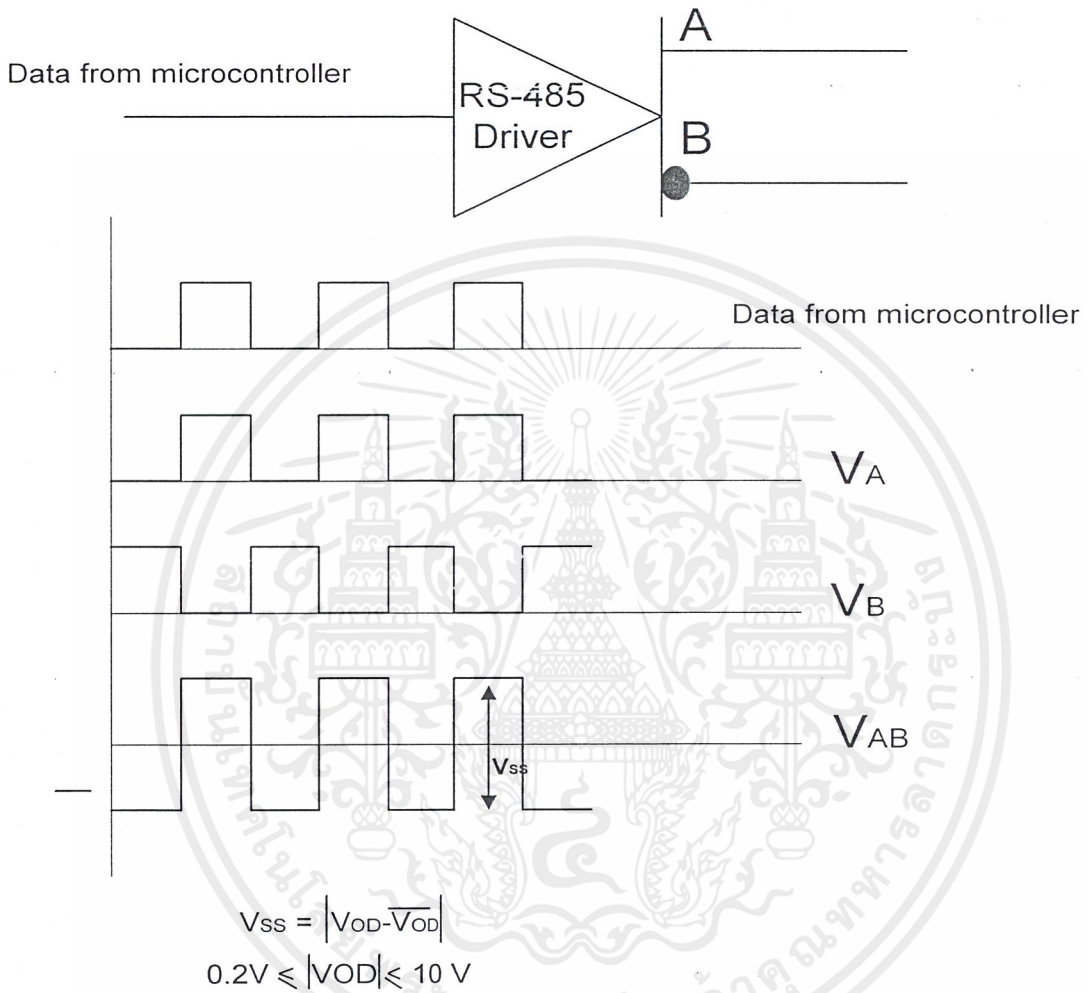
2.7 มาตรฐาน RS-485

มาตรฐาน RS-485 เป็นระบบการส่งข้อมูลแบบ Balanced Digital Signal หรือ Balanced Data-transmission Schemes เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลผ่านสายนำสัญญาณขนาดเล็ก และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดระบบการส่งสัญญาณข้อมูล(Transmission Systems)และอุปกรณ์ที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง(Equipment Committee) เป็นระบบที่สนับสนุนการมีตัวส่งสัญญาณแบบหลายตัว (Multiple Drivers) และสนับสนุนทั้งตัวรับ(Receiver)และตัวส่ง(Driver)สัญญาณ ได้สูงสุด 32 U.L.(Unit Load) ในการส่งสัญญาณในบัสข้อมูล(Data Bus) ตามมาตรฐาน RS-485 จะเป็นแบบ Half Duplex คือในหนึ่งช่วงเวลาจะอนุญาตให้มีตัวส่งสัญญาณได้หนึ่งตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์รับ/ส่งสัญญาณ(Transceiver) ต้องมีการ Enable เพื่อให้ทำงานเป็นตัวส่งสัญญาณ และจะไม่สามารถ Enable ให้มีตัวส่งสัญญาณมากกว่า 1 ตัวในเวลาเดียวกันได้ จะเกิดปัญหาข้อมูลในสายบัสขัดแย้งกัน(Line Contention)



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะตัวรับและส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485

อุปกรณ์ตัวรับและตัวส่งสัญญาณ ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นต่อออกจากพอร์ตเอาต์พุต คือ A Terminal และ B Terminal และต้องอ้างอิงกับสัญญาณกราวด์(Ground) ร่วมกัน ในระบบ RS-485 จะไม่สนใจสัญญาณ เทียบกับกราวด์ ซึ่งจะวัดสัญญาณแบบ Differential Measurement คือวัดค่าระดับสัญญาณระหว่าง A Terminal กับ B Terminal โดยตัวส่งสัญญาณ จะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดิจิทัล(Digital) ให้ได้สัญญาณเอาต์พุต ที่ เทอมินัล A และ B โดยเป็นค่าสัญญาณที่ตรงข้ามกัน แสดงได้ดังรูป ที่ 2.24



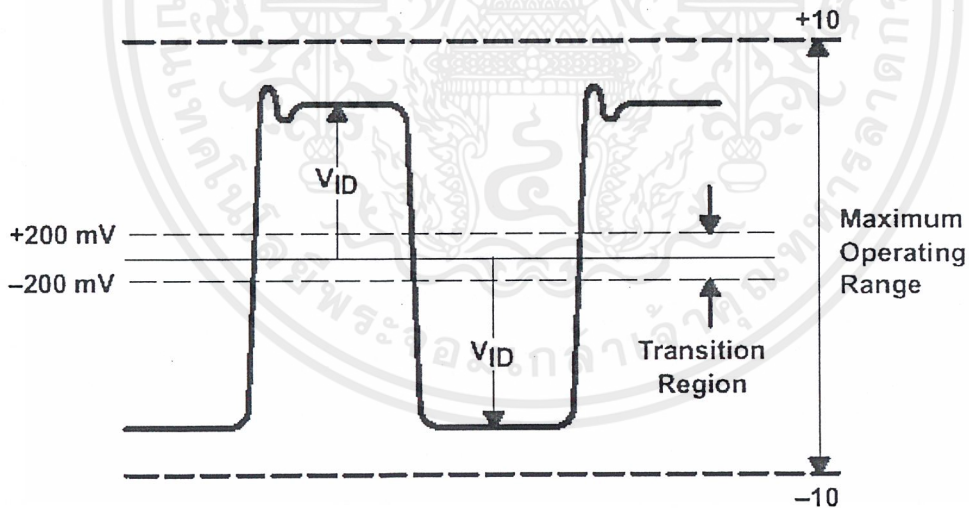
รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmission และ Differential Measurement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับ(Detect)และถอดรหัส(Decode)เป็นข้อมูลดิจิทัลได้นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

Applied Voltage		Resulting V_{id}	Resulting V_{cm}	Receiver output state	Purpose of measurement
V_{IA}	V_{IB}				
-7 V	-6.8 V	-200 mV	-6.9 V	\bar{Q}	Minimum V_L at extreme $-V_{CM}$
+12 V	+11.8 V	+200 mV	+11.9 V	Q	Minimum V_L at extreme $+V_{CM}$
-7 V	-2 V	-5 V	-4.5 V	\bar{Q}	Minimum V_L at extreme $-V_{CM}$
+12 V	+7 V	+5 V	-9.5 V	Q	Minimum V_L at extreme $+V_{CM}$



$$200 \text{ mV} < |V_{ID}| < 10 \text{ V}$$

รูปที่ 2. 25 แสดงค่าระดับของสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

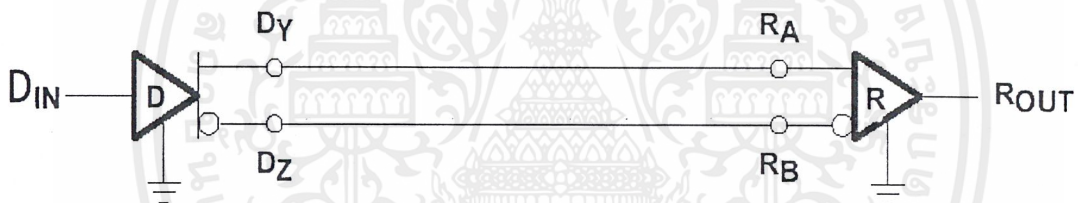
2.7.1 Cable Termination

ในการส่งสัญญาณข้อมูลในระยะทางไกล และในระบบบัสของ RS-485 ซึ่งเป็นแบบ Multipoint คือ มีตัวรับ/ส่งสัญญาณ หลายตัวในระบบบัสเดียวกัน จำเป็นต้องมีการทำ Cable Termination เพื่อลดสัญญาณสะท้อน และช่วยเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลได้ มีหลายแบบ ดังนี้

1) No Termination

ข้อดี - ตัวส่งไม่ต้องใช้กระแสมากและไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน

ข้อเสีย - มีอัตราเร็วการส่งข้อมูลต่ำ (≤ 200 kbps) และใช้ได้กับสายส่งสัญญาณระยะสั้น



รูปที่ 2.26 แสดงรูปแบบของ No Termination

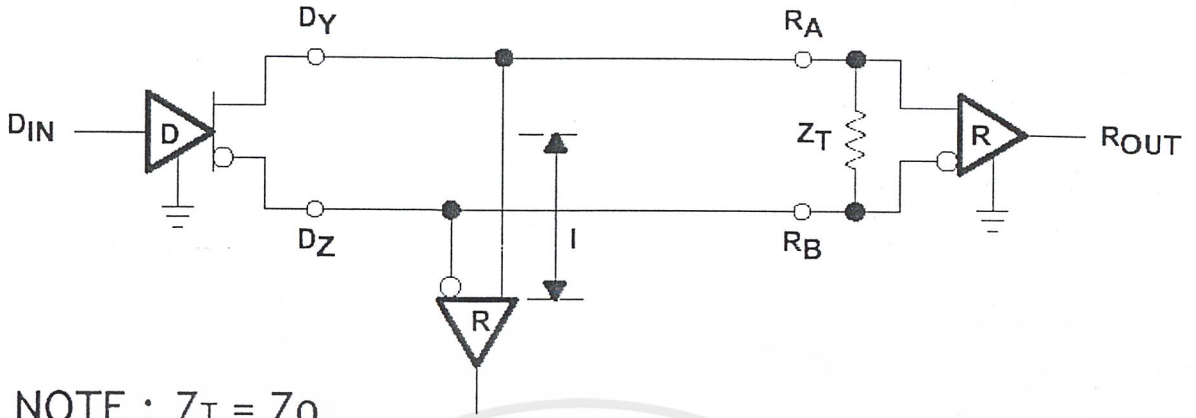
2) Parallel Termination คือการต่อค่าความต้านทาน Z_T ที่ตัวรับสัญญาณ ตำแหน่งสุดท้ายของบัส ซึ่งค่า $Z_T = Z_0$ เมื่อ Z_0 คือค่าความต้านทานรวมของระบบ ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

ข้อดี - ลดสัญญาณสะท้อนได้

- ส่งข้อมูลได้ในอัตราเร็วสูง และสายนำสัญญาณยาว
- เหมาะสมกับระบบที่เป็นแบบ ตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับหลายตัว (Multidrop Applications)

ข้อเสีย - ถ้าสายนำสัญญาณมีขนาดยาวมากจะเกิดสัญญาณสะท้อนขึ้นได้

- เกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่า แบบ No Termination
- ตัวรับ ให้ค่าเอาท์พุทที่ไม่แน่นอนเมื่อตัวส่งสัญญาณเป็น High-impedant

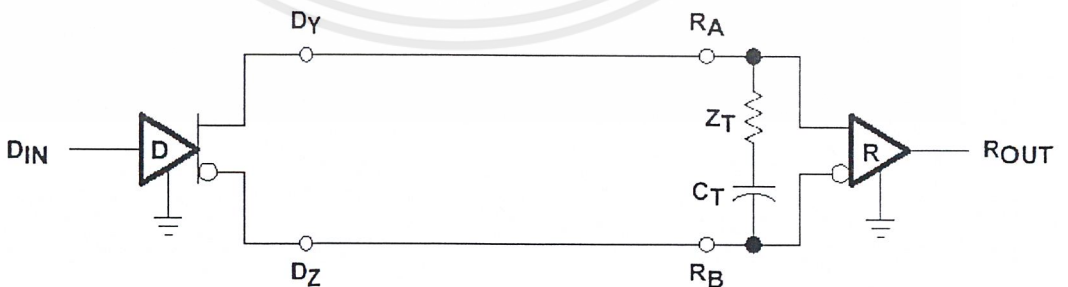


รูปที่ 2.27 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination

3) AC Termination มีลักษณะคล้ายกับ Parallel Termination แต่เพิ่มตัวเก็บประจุ (C_T) ต่ออนุกรม

กับ Z_T

- ข้อดี - การสูญเสียพลังงานในตัวส่ง มีค่าลดลงน้อยกว่าแบบ Parallel Termination
- สามารถลดสัญญาณสะท้อนในบัสได้
- ข้อเสีย - เกิดค่า RC Time Constant ส่งผลต่ออัตราเร็วการส่งข้อมูล และความยาวของสายนำสัญญาณ ให้มีค่าจำกัด
- นิยมใช้กับการส่งข้อมูลแบบ Low-speed Control Line



- NOTES : A. $Z_T = Z_0$
 B. Choose C_T so that the resultant RC time constant is small compared to the unit interval.

รูปที่ 2.28 แสดงรูปแบบของ AC Termination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

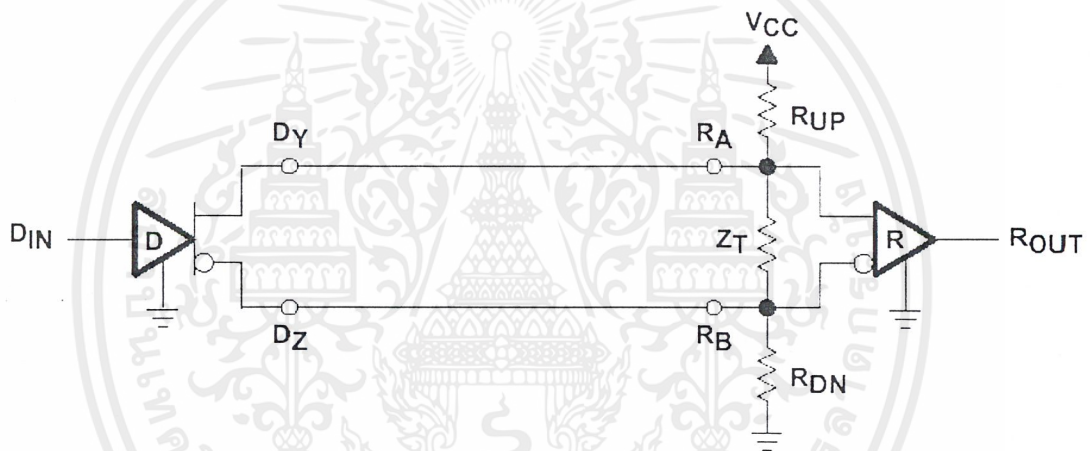
4) Open-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน R_{UP} และ R_{DN} เพื่อจ่ายกระแสให้กับบัส เพื่อให้เกิดค่าแรงดันระหว่าง เทอมินอล A และ B มีค่าเท่ากับ +200 mV เพื่อให้กรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ High-impedance จะทำให้ค่าเอาต์พุตที่ตัวรับมีค่าเป็น High-state หรือ Logic 1

ข้อดี - ในกรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ Idle จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ตัวรับมีค่าที่แน่นอน คือ High-state เพราะการจ่ายกระแสของ R_{UP} และ R_{DN} ให้กับบัส มีค่าระดับสัญญาณ +200 mV

ข้อเสีย - เพิ่มค่ากระแสที่ใช้ให้กับตัวส่งสัญญาณ

- เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบสูง

- ทำให้ค่าเอาต์พุตของตัวรับมีค่าตลอดเวลา ทำให้สูญเสียพลังงาน



NOTES : A. $Z_T = Z_0$

B. Choose R_{UP} and R_{DN} to be equal so that at least 200 mV develops across the receiver differential input.

รูปที่ 2.29 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination

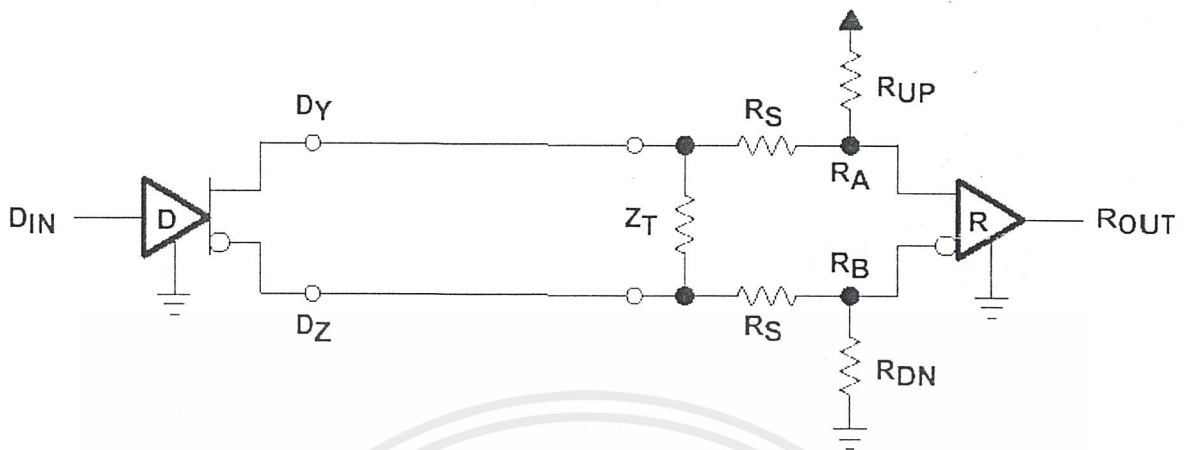
5) Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน R_s อนุกรมระหว่าง ค่า R_{UP} , R_{DN} กับ Z_T

ข้อดี - สามารถป้องกันกรณีที่บัสลัดวงจร (Short circuit) และ บัสเปิดวงจร (Open circuit) โดยยังทำให้ตัวรับสามารถระบุค่าเอาต์พุตที่แน่นอนได้ (High-state)

ข้อเสีย - เสียค่าใช้จ่ายสูง

- ไม่สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ประเภท Transceiver ได้เพราะ การ Terminate ต่อไว้ที่ตำแหน่งของเอาต์พุตของตัวส่ง (อินพุตของตัวรับตัวสุดท้ายของบัส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



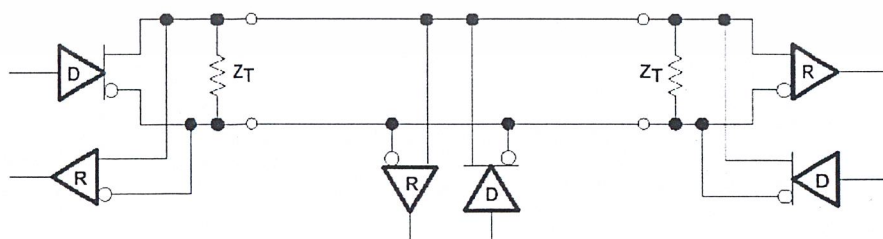
รูปที่ 2.30 แสดงรูปแบบของOpen-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination

6) Multipoint Termination เหมาะสำหรับระยะที่มีตัวรับและตัวส่ง จำนวนหลายวงจรที่ต่อกับ บัสเดียวกัน ต่อค่าความต้านทานค่า Z_T ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของบัสข้อมูล โดย $Z_T = Z_0$

ข้อดี - เหมือนกับแบบ Parallel Termination

- ได้คุณภาพของสัญญาณที่มีค่าเหมาะสมที่สุด(Optimum)

ข้อเสีย - มีการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบ Parallel Termination เพราะใช้ Z_T จำนวน 2 ตัว ต่อในลักษณะขนานกัน(ความต้านทานลดลง) เป็นการเพิ่มโหลดให้กับตัวส่ง



NOTE A: $Z_T = Z_0$

รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคุณสมบัติของระบบ RS-485

PARAMETER	RS-422	RS-485	UNIT
Number of drivers and receivers	1 drivers 10 receivers	32 U.L.s (Unit Laod)	
Maximum theoretical cable length	1200	1200	m
Maximum data rate	10	10	Mbps
Maximum common-mode voltage	± 7	12 to -7	V
Driver differential output level	$2 \leq V_{od} \leq 1$	$1.5 \leq V_{od} \leq 5$	V
Driver load	≥ 100	≥ 60	Ω
Driver output short-circuit current limit	150 to GND	150 to GND 250 to -7 or 12 V	MA
High-impedance state , power off	60	12	$k\Omega$
Receiver input resistance	4	12	$k\Omega$
Receive sensitivity	± 200	± 200	MV

2.9 Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A มีคุณสมบัติ ดังนี้

- มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานเป็นทั้งตัวส่งและตัวรับสัญญาณได้(Transceiver)
- ออกแบบมาสำหรับการใช้งานแบบ Multipoint Transmission ในสภาพของสายนำสัญญาณขนาดยาวและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง(Noisy Enveronments)
- ออกแบบตามมาตรฐานของ ANSI Standards EIA/TIA-422-B และ ITU Recommendation V.11
- ประกอบด้วย 3 สถานะของสัญญาณของตัวส่งและตัวรับ (High-state , Low-state และ High-impedance)
- สามารถควบคุมการให้ทำงาน (Enable) ให้ทำงานเป็นตัวส่ง หรือตัวรับ ได้
- มีช่วงของขนาดสัญญาณ อินพุท/เอาต์พุท ของบัสได้กว้าง
- ตัวส่งสัญญาณมีค่ากระแสสูงสุด ± 60 mA
- มีระบบ Thermal-Shutdown เพื่อป้องกันความเสียหายต่อตัว IC เมื่อเกิดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถจำกัดปริมาณกระแสของตัวส่งได้
- ตัวรับสัญญาณมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำสุด 12 kΩ
- ความไว(Sensitivity)ในการตรวจจับสัญญาณทางด้านอินพุตเท่ากับ ± 200 mV
- Input Hysteresis เท่ากับ 50 mV Typ
- ทำงานได้สำหรับแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์
- สูญเสียพลังงานต่ำ

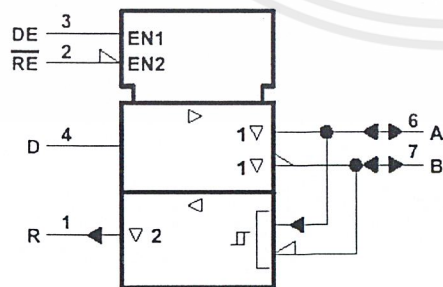
IC เบอร์ SN75176A ออกแบบมาสำหรับระบบที่ต้องการตัวรับและตัวส่งสัญญาณจำนวนหลายวงจรในบัสร่วมกัน และสำหรับการส่งสัญญาณในสายบัสขนาดยาว จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ส่งสัญญาณข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 และ RS-422 ได้ และใน 1 ระบบบัสข้อมูลสามารถมี วงจรของ SN75176A ได้สูงสุด 32 วงจร ซึ่งมีตารางสถานะการทำงานดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงสถานะการทำงาน ของ SN75176A

DRIVER			RECEIVER			
INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS		DIFFERENTIAL INPUTS A - B	ENABLE \overline{RE}	OUTPUT R
		A	B			
H	H	H	L	$V_{ID} \geq 0.2 V$	L	H
L	H	L	H	$-0.2 V < V_{ID} < 0.2 V$	L	?
X	L	Z	Z	$V_{ID} \leq -0.2 V$	L	L
				X	H	Z
				Open	L	?

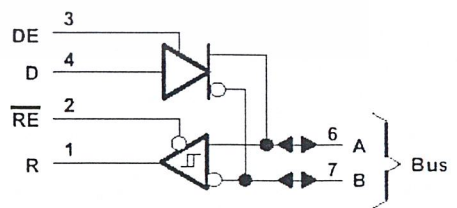
H = high level, L = low level, ? = indeterminate, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



รูปที่ 2.32 1) แสดง Logic Symbol ของ SN75176A

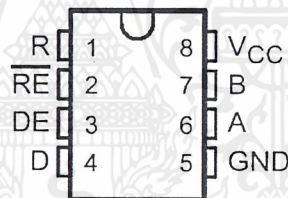
2) แสดง Logic diagram ของ SN75176A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละขา(Pin Description) ดังนี้

- ขา D จะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม ขา TXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับข้อมูลอินพุต แล้วเปลี่ยนแปลงลักษณะสัญญาณให้เป็นแบบ Balanced Transmission Line เมื่อต้องการให้ ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง โดยส่งค่าสถานะ High หรือ Logic 1 มาที่ขา DE และ RE
- ขา R จะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม ขา RXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งค่าข้อมูลจากบัส แล้วเปลี่ยนแปลงให้เป็นลักษณะสัญญาณดิจิทัล ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไป เมื่อต้องการให้ทำงานเป็นตัวรับ โดยส่งค่าสถานะ Low หรือ Logic 0 มาที่ขา RE และ DE
- ขา A และ ขา B เป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อต่อเข้ากับบัส เพื่อส่งและรับข้อมูลในแบบ Balanced Transmission Line และ ตัวรับสัญญาณจะวัดสัญญาณแบบ Differential Measurement โดยต่อเข้ากับ ขา A และ ขา B ของตัวรับเช่นเดียวกัน
- ขา RE ใช้เพื่อกำหนดให้(Enable) ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูล(Receiver)
- ขา DE ใช้เพื่อกำหนดให้ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูล (Driver)

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



รูปที่ 2.33 แสดงตำแหน่งของขา SN75176A

2.10 8-bit Addressable Latch เบอร์ SN74LS259

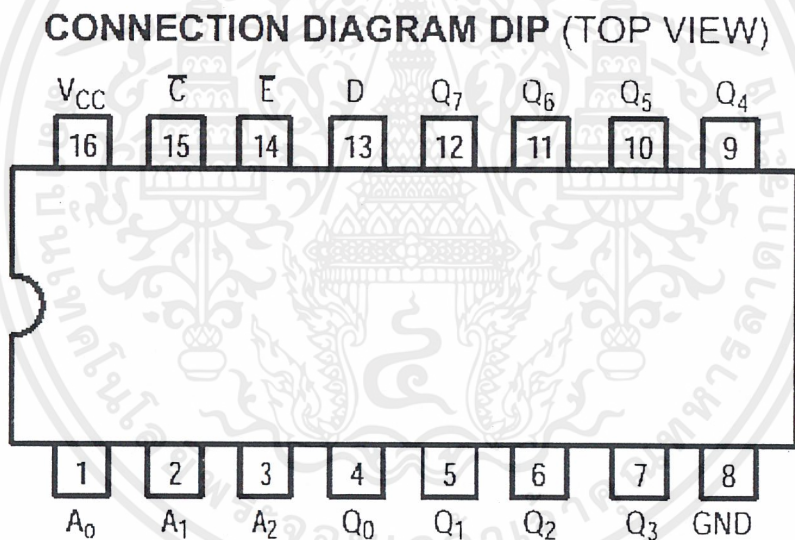
IC เบอร์ SN74LS259 เป็นตัววงจรมัลติเพลกซ์ 8 บิต ซึ่งออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้กับระบบการทำงานแบบดิจิทัลทั่วไป มีพอร์ตเอาต์พุต จำนวน 8 พอร์ต ที่ควบคุมได้อิสระต่อกัน โดยมีขาข้อมูล (A₀, A₁ และ A₂) เพื่อถอดรหัส จำนวน 3 บิต เพื่อเลือกตำแหน่งของพอร์ตเอาต์พุต นอกจากนั้น ยังสามารถทำงานเป็น 1-of-8 Decoder และ Demultiplexer ได้

จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงเลือกนำมาใช้กับวงจรของชุดคีย์บอร์ดควบคุม ของระบบ HPPBX ในส่วนวงจรแสดงผลด้วยหลอด LED ซึ่งช่วยให้พอร์ตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียง 8 พอร์ต (ขา) สามารถควบคุมผ่าน SN74LS259 แล้วสามารถจ่ายกระแสให้กับ LED ได้ทั้งหมด 31 หลอด

โดยมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละขา (Pin Description) อ้างอิงจากรูปที่ 2.34 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา Q0 , Q1 , ... , Q7 (Parallel Latch Output) เป็นพอร์ตเอาต์พุต โดยค่าข้อมูลจะขึ้นกับค่าข้อมูลที่ขา D
 - ขา D (Data Input) ใช้ส่งผ่านข้อมูลออกไปยังขา Q0 – Q7 ซึ่งอ้างอิงตำแหน่งโดยค่าข้อมูลที่ ขา A0 , A1 และ A2
 - ขา A0 , A1 และ A2 ใช้เพื่อเป็นข้อมูลให้ IC ถอดรหัส จากตัวเลขดิจิทัล 3 บิต เพื่ออ้างอิงตำแหน่งของพอร์ตเอาต์พุต Q0 – Q7
 - ขา C (Clear Input) ใช้ควบคุมการลบ(Clear) ค่าข้อมูลที่ขาเอาต์พุต Q0 – Q7
 - ขา E (Enable Input) ใช้ควบคุมเพื่อกำหนดสถานะของพอร์ตเอาต์พุตให้อยู่ในสถานะการคงค่าข้อมูล(Memory) หรือ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก ขา D (Latch)
- ค่าสถานะการทำงานของ SN74LS259 แสดงดังตารางที่ 2.7



PIN NAMES

A ₀ , A ₁ , A ₂	Address Inputs
D	Data Input
\bar{E}	Enable (Active LOW) Input
\bar{C}	Clear (Active LOW) Input
Q ₀ – Q ₇	Parallel Latch Outputs

LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
A ₀ , A ₁ , A ₂	0.5 U.L.	0.25 U.L.
D	0.5 U.L.	0.25 U.L.
\bar{E}	1.0 U.L.	0.5 U.L.
\bar{C}	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q ₀ – Q ₇	10 U.L.	5 U.L.

รูปที่ 2.34 แสดงรายละเอียดของขา 74LS259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าสถานะการทำงานของ SN74LS259

MODE SELECTION			TRUTH TABLE														
E	C	MODE	PRESENT OUTPUT STATES											MODE			
			C	E	D	A ₀	A ₁	A ₂	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	
L	H	Addressable Latch	L	H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	Clear
H	H	Memory	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	Demultiplex
L	L	Active HIGH Eight-Channel Demultiplexer	L	L	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
L	L		L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
H	L	Clear	L	L	H	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	
H	L		L	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H
			H	H	X	X	X	X	Q _{N-1}	→	→	→	→	→	→	→	Memory
			H	L	L	L	L	L	L	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Addressable Latch
			H	L	H	L	L	L	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
			H	L	L	H	L	L	Q _{N-1}	L	L	L	L	L	L	L	
			H	L	H	H	L	L	Q _{N-1}	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			•	•	•	•	•	•									
			H	L	L	H	H	H	Q _{N-1}	→	→	→	→	→	→	→	L
			H	L	H	H	H	H	Q _{N-1}	→	→	→	→	→	→	→	H

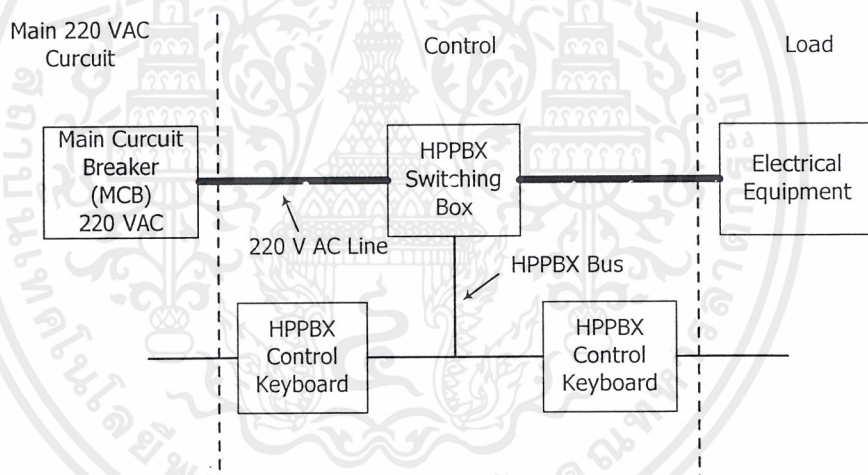
X = Don't Care Condition
 L = LOW Voltage Level
 H = HIGH Voltage Level
 Q_{N-1} = Previous Output State

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการทํางานของระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน หรือ ระบบ HPPBX เป็นระบบควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า(Load)ภายในบ้าน โดยการส่งสัญญาณควบคุมผ่านสายสัญญาณควบคุมจำนวน 2 เส้น ซึ่งควบคุมการทำงานจากระบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่งข้อมูลแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านนั้นมาเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้งาน(user) ทราบ และในส่วนของสายไฟฟ้าหลัก(กระแสสลับ 220 โวลต์) เพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ายังใช้งานเช่นเดิม โดยอุปกรณ์ของระบบHPPBX จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสายไฟหลักของบ้าน ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงหลักการทํางานของระบบ HPPBX

ระบบ HPPBX ประกอบด้วยส่วนการทํางาน 2 ส่วน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 ควบคุมการทำงาน โดยส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลผ่านสายสัญญาณควบคุม(HPPBX Bus) เพื่อสื่อสารกันระหว่างส่วนการทํางานต่างๆภายในระบบ ตามมาตรฐาน RS-485 มีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดคีย์บอร์ดควบคุม (HPPBX Control Keyboard) เป็นส่วนการทํางานที่ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเพื่อควบคุมการเปิดหรือปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ในตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านได้ จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด และสามารถแสดงผลสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Electrical Appliance Status) ปัจจุบันของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ว่ามีสถานะการเปิดหรือปิดอยู่ทางหลอด LED โดยจะส่งสัญญาณควบคุมและรับสัญญาณข้อมูลสถานะจากชุดกล่องสวิตช์ และชุดกล่องสวิตช์สามารถติดตั้งเพิ่มเติมตามตำแหน่งต่างๆของบ้านได้ตามความสะดวกของผู้ใช้งานได้

- ชุดกล่องสวิตช์ (HPPBX Switching Box) เป็นส่วนการทำงานที่ควบคุมการสวิตช์เพื่อเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยรับสัญญาณควบคุมมาจากชุดคีย์บอร์ดควบคุม และทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่งกลับให้ชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพื่อแสดงผล ให้ผู้ใช้งานต่อไป

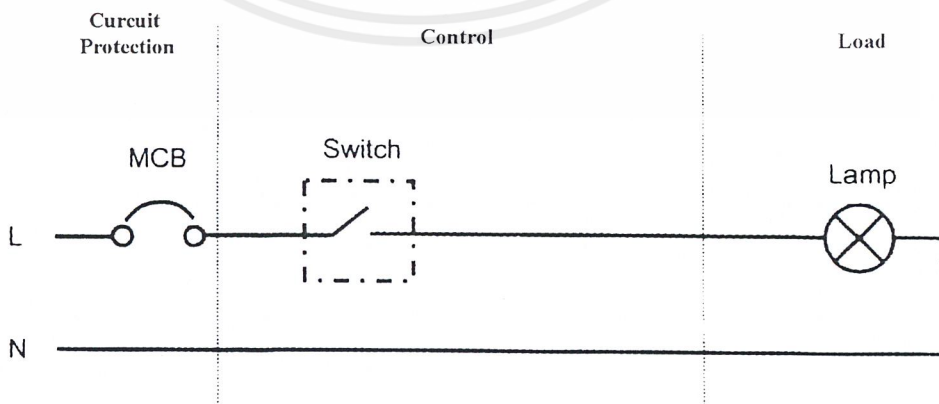
โดยชุดคีย์บอร์ดควบคุมและชุดกล่องสวิตช์ มีโปรโตคอล(Protocol)การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ HPPBX และมีการติดตั้งตามตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านให้สะดวกในการใช้งานและครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตำแหน่งของบ้าน

3.1 เปรียบเทียบหลักการทำงานของระบบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดาและระบบHPPBX

เปรียบเทียบความแตกต่างทางด้านเทคนิคและความสามารถในการทำงานที่ได้เปรียบกันระหว่าง ระบบธรรมดาที่มีการใช้งานทั่วไป และระบบHPPBX เพื่อให้เห็นถึงความสะดวกในการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำระบบHPPBX เข้ามาใช้งาน

3.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา (Conventional Electrical Installation)

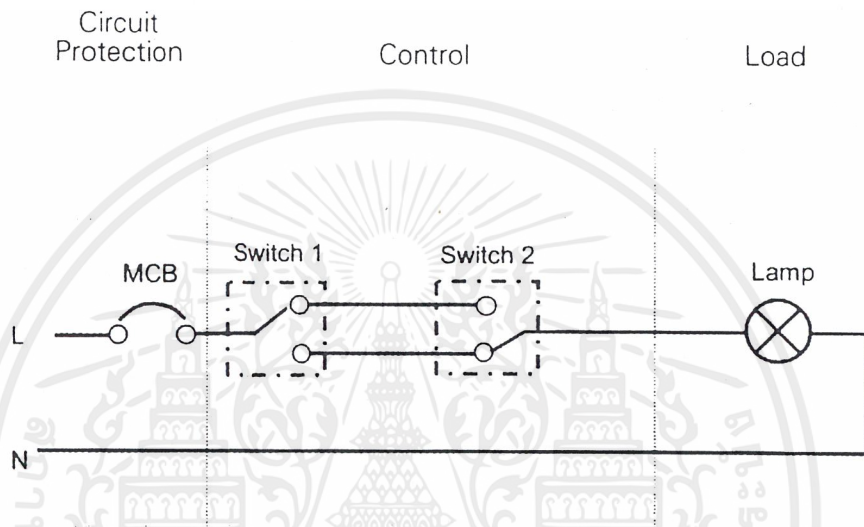
- การควบคุมแบบ ทางเดียว โดยสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อจากชุดวงจรรีโองกันหรือ MCB (Main Circuit Breaker) ผ่านสวิตช์แบบทางเดียว แล้วต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ทางเดียว (1-way switch circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมแบบ 2 ทาง มีลักษณะแตกต่างจากการควบคุมแบบทางเดียวคือ ประกอบด้วยวงจรสวิตช์ 2 วงจร ต่อในลักษณะ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งวงจรสวิตช์ทั้ง 2 วงจร สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างอิสระต่อกัน แต่จะเพิ่มความซับซ้อนและปริมาณของสายไฟฟ้าที่ใช้ในการติดตั้งเพิ่มขึ้นตามจำนวนวงจรสวิตช์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ทางเดียว (1-way switch circuit)

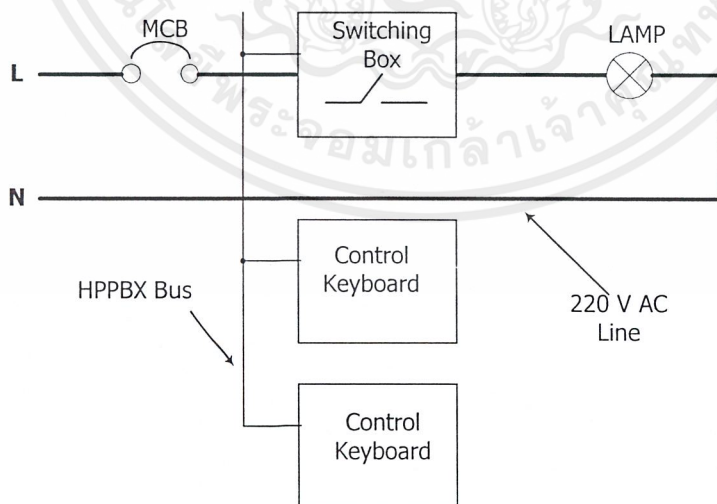
การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา นั้น จะต้องเดินสายไฟไปทั่วทั้งบ้าน เพื่อจะใ้ครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรสวิตช์ทุกตัว ดังนั้นถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(หลอดไฟ) หรือจำนวนวงจรสวิตช์เพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มปริมาณของการเดินสายไฟเพิ่มขึ้นในจำนวนเท่าตัว ทำให้เพิ่มความซับซ้อนของการเดินสายไฟและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่เพิ่มขึ้น และถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมในแต่ละครั้งจะทำให้ลำบาก จึงเกิดข้อจำกัดในปริมาณการติดตั้งเพิ่มหรือความไม่ยืดหยุ่น และทุกครั้งต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อไม่ให้มีจุดลัดวงจรหรือการไม่เชื่อมต่อกันของสายไฟ เพราะทุกจุดเป็นการเดินสายไฟฟ้า 220 โวลต์

จากข้อจำกัดดังกล่าว ทั้งในด้านความยืดหยุ่นของการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และปริมาณของสายไฟ ที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น นั้น จึงแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำระบบHPPBX เข้ามาใช้ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัย ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ได้มากขึ้น ดังนี้

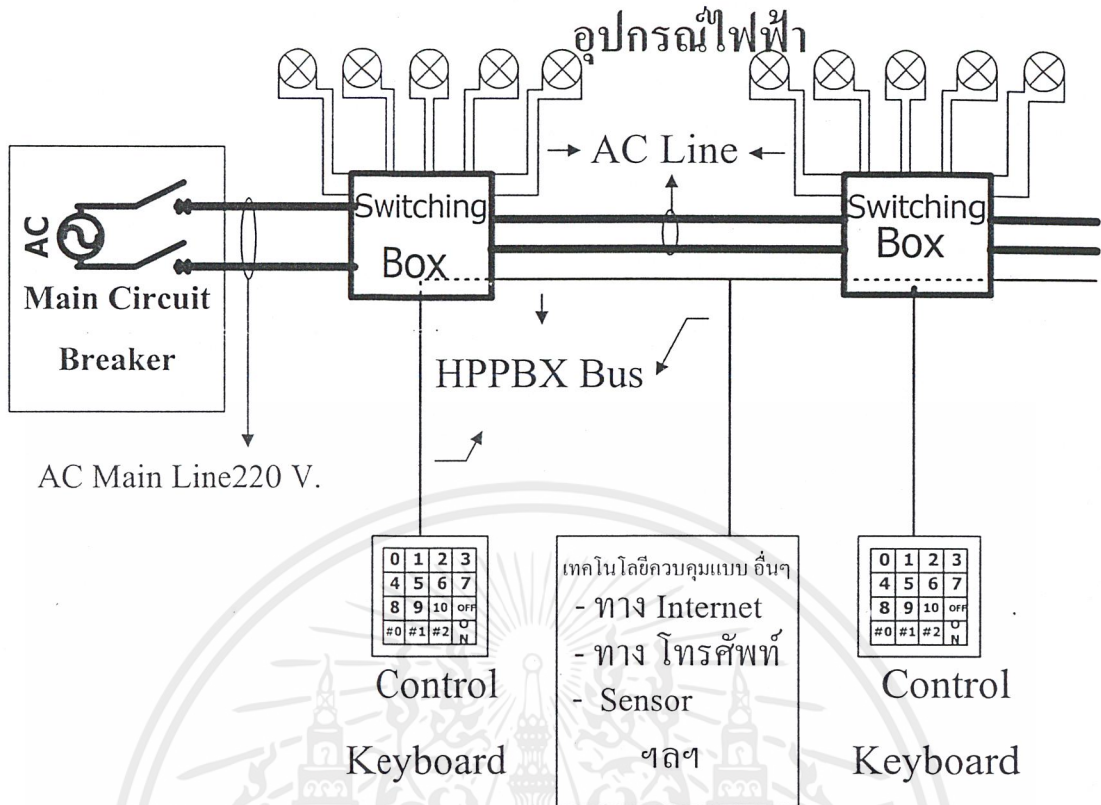
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การติดตั้งแบบระบบ HPPBX

ชุดกล่องสวิตช์จะทำหน้าที่แทนวงจรสวิตช์ในระบบธรรมดา และทุกชุดของกล่องสวิตช์จะต่อสายสัญญาณควบคุมหรือ HPPBX Bus เพียง 1 คู่สาย (2 x 0.8 mm) ไปยังกล่องสวิตช์และชุดรีเลย์บอร์ดควบคุมทุกชุดที่ติดตั้งในระบบ และจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งบ้าน ผู้ใช้งานจะเลือกเปิดหรือปิด อุปกรณ์ไฟฟ้านั้น(หลอดไฟ) ได้ทุกอุปกรณ์ภายในบ้าน(อุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบ HPPBX) จากชุดรีเลย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด ซึ่งสาย HPPBX Bus จะใช้ส่งสัญญาณแบบดิจิทัลเป็นไฟกระแสดตรง แรงดันต่ำ ที่ไม่มีอันตรายเรื่องกระแสไฟรั่วและกระแสไฟลัดวงจรที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ และมีการเดินสายไปทั่วตัวบ้าน เพื่อการติดตั้งชุดรีเลย์บอร์ดควบคุมเพิ่มเติมในภายหลังได้ตามจำนวนที่ต้องการ และในส่วนของสายไฟหลัก 220 โวลต์ จะยังเดินสายในลักษณะเดิม แต่จะลดปริมาณของสายไฟในส่วนที่ต้องต่อไปยังวงจรสวิตช์ลงได้ เพราะการเดินสายทำได้ง่าย โดยต่อจาก MCB ผ่านมายังชุดกล่องสวิตช์ แล้วต่อออกไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากพอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตช์ได้โดยตรง และนอกจากนั้นในระบบ HPPBX นี้ ผู้ใช้ยังเพิ่มขอบเขตการควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากแบบธรรมดาคือ 1 ชุดสวิตช์ต่อ 1 อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็น 1 ชุดรีเลย์บอร์ดควบคุม สามารถควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกอุปกรณ์ และเรื่องความยืดหยุ่นของการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทำได้โดยเดินสายไฟจากพอร์ตเอาต์พุตที่ยังว่างของชุดกล่องสวิตช์ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทันที เพียงเท่านี้ทำให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในปริมาณเพิ่มขึ้นได้โดยสะดวก และค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟหลักต่ำ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ HPPBX



รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งระบบ HPPBX ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ HPPBX

ระบบ HPPBX ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน ทำงานสื่อสารกัน โดยแต่ละส่วนได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 ในการควบคุมการทำงานของระบบได้แก่

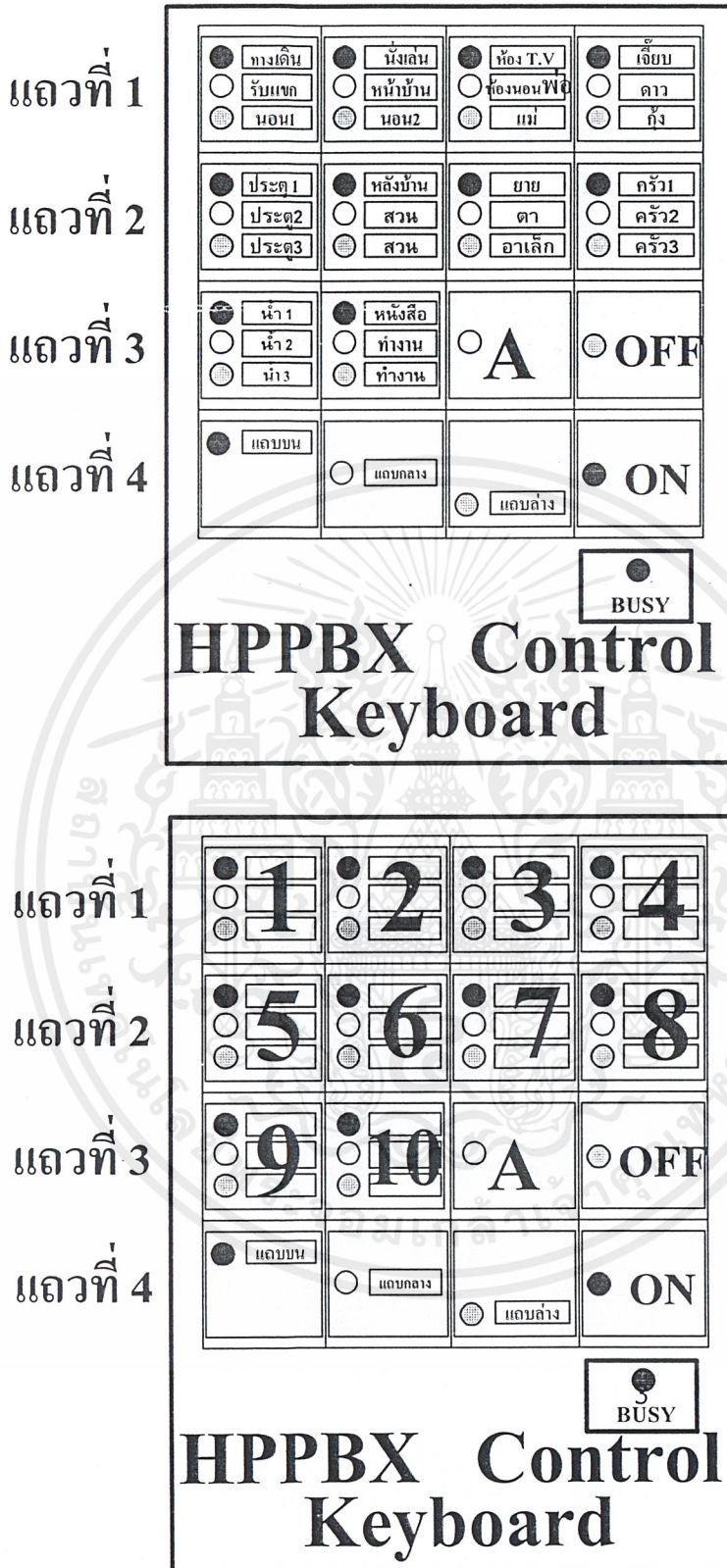
- ชุดคีย์บอร์ดควบคุม ส่งสัญญาณให้ชุดกล่องสวิตซ์ทำงานเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ชุดกล่องสวิตซ์ ส่งสัญญาณแสดงสถานะการเปิดหรือปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้ามาให้ชุดคีย์บอร์ดควบคุม แสดงผลทางหลอด LED

การสื่อสารกันของอุปกรณ์ในระบบ ใช้การส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล ตามมาตรฐาน RS-485 และใช้โปรโตคอล การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ HPPBX

ระบบ HPPBX 1 ระบบ สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ สูงสุด 30 อุปกรณ์ ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตซ์ จำนวน 6 ชุด แต่ละชุดมีพอร์ตเอาต์พุต ที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ 5 พอร์ต และประกอบด้วยชุดคีย์บอร์ดควบคุม มีให้เลือกใช้งานได้จำนวนสูงสุดได้ 26 ชุด

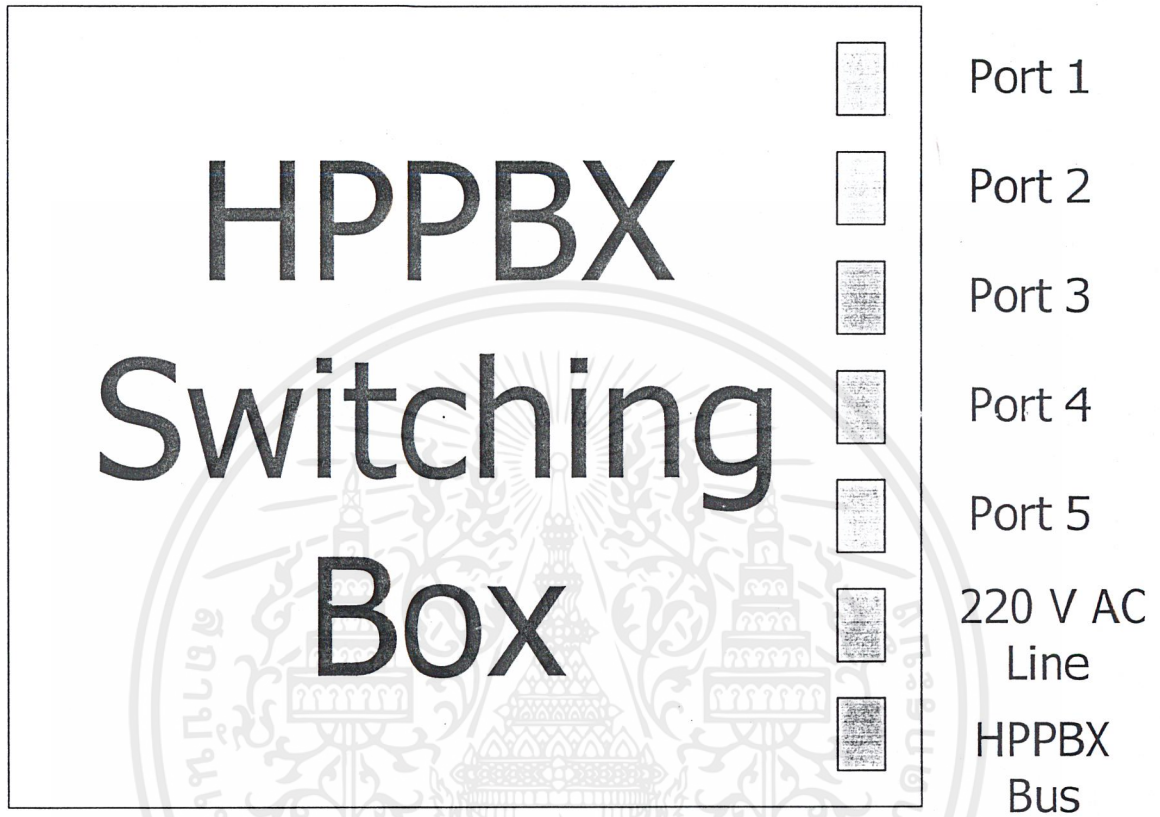
- ชุดคีย์บอร์ดควบคุม แบบที่ 1 สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ สูงสุด 30 อุปกรณ์ มีลักษณะเป็น คีย์บอร์ด 16 ปุ่ม (4 X 4) จำนวน 4 แถว 4 คอลัมน์ แสดงดังรูปที่ 3.6 มีปุ่มแทนตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 10 ปุ่ม ใน 1 ปุ่ม จะแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 3 ตำแหน่งอุปกรณ์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ตำแหน่งแถบ ได้แก่ ตำแหน่งแถบบน , ตำแหน่งแถบล่าง และ ตำแหน่งแถบล่าง ซึ่งกำหนดเลือกตำแหน่งแถบโดยปุ่มกำหนดตำแหน่งแถบ อยู่ในตำแหน่งแถวที่ 4 ของคีย์บอร์ด จำนวน 3 ปุ่ม ทำให้ปุ่มกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ จำนวน 10 ปุ่ม สามารถแทนตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ จำนวน 30 ตำแหน่งอุปกรณ์ และยังประกอบด้วย ปุ่มกำหนดการทำงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดหรือปิด ได้แก่ ปุ่ม “ON” และ ปุ่ม “OFF” และ ปุ่ม “A” สกวนไว้เพื่อเพิ่มฟังก์ชัน(function)การทำงานของระบบ ในอนาคต เช่น การสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกอุปกรณ์แบบอัตโนมัติกรณีก่อนออกจากบ้าน , การสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในอุปกรณ์ที่ต้องการแบบอัตโนมัติในครั้งแรกที่กลับเข้ามาในบ้าน หรือการตั้งเวลาการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ เป็นต้น และหลอด BUSY LED เพื่อแสดงสถานะการทำงานของระบบ

อุปกรณ์ทุกชุดของระบบ HPPBX อันได้แก่ ชุดคีย์บอร์ดควบคุม และชุดกล่องสวิตซ์ ซึ่งได้ใช้วงจรไฟเลี้ยงร่วมกัน ดังนั้น ระบบประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร (DC Power Supply) 1 ชุด และ สายสัญญาณ HPPBX Bus ได้ใช้สายโทรศัพท์ขนาด 2 คู่สาย (4 x 0.8 mm) , 24 AWG ได้แก่สายสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลจำนวน 2 เส้น , สายไฟเลี้ยงวงจร 1 เส้น และ สายกราวนด์ 1 เส้น



รูปที่ 3.6 แสดงรูปลักษณะของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



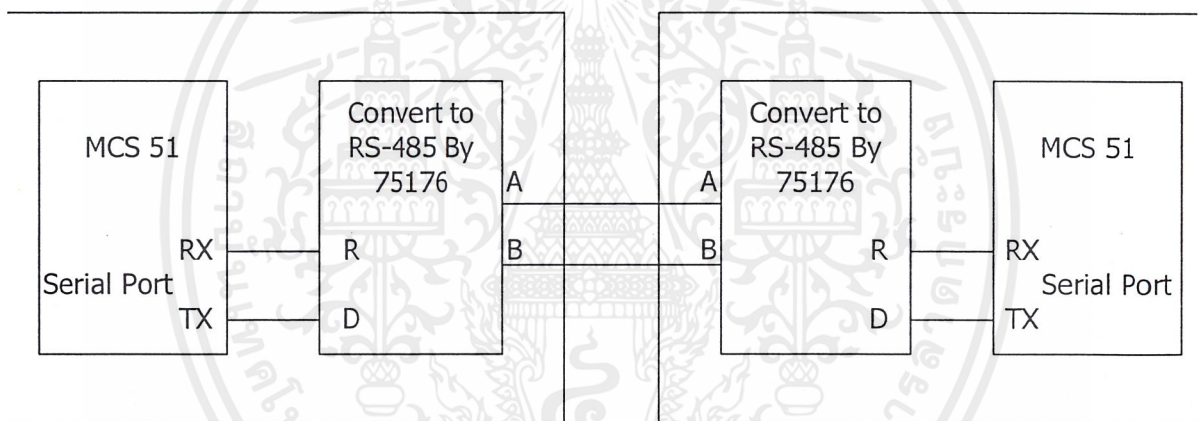
รูปที่ 3.7 แสดงรูปลักษณะของชุดกล่องสวิตชิง

บทที่ 4

รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน HPPBX Control Keyboard

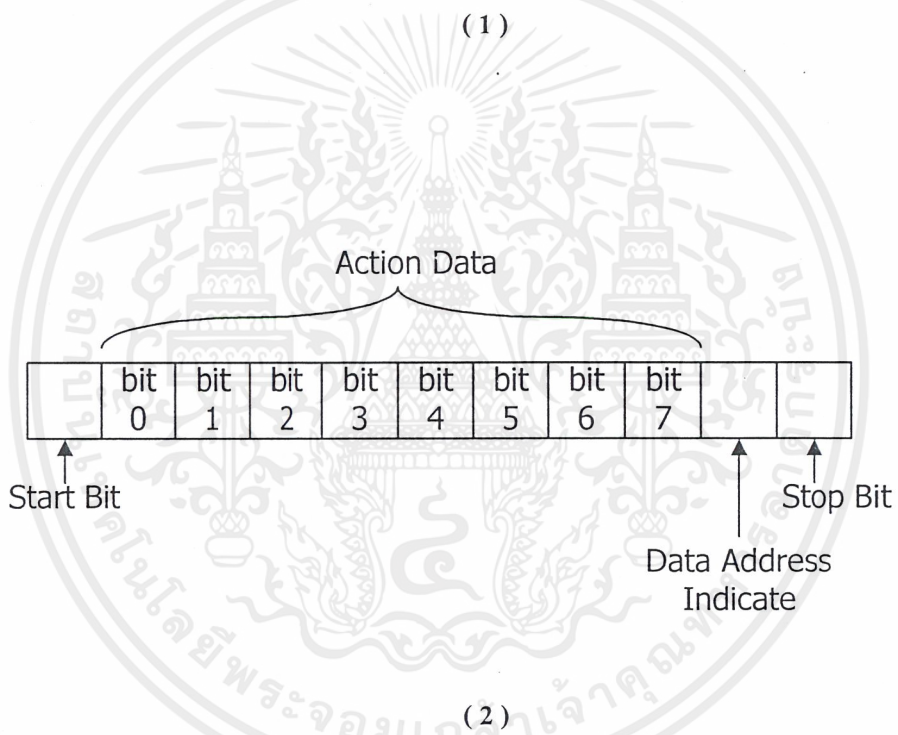
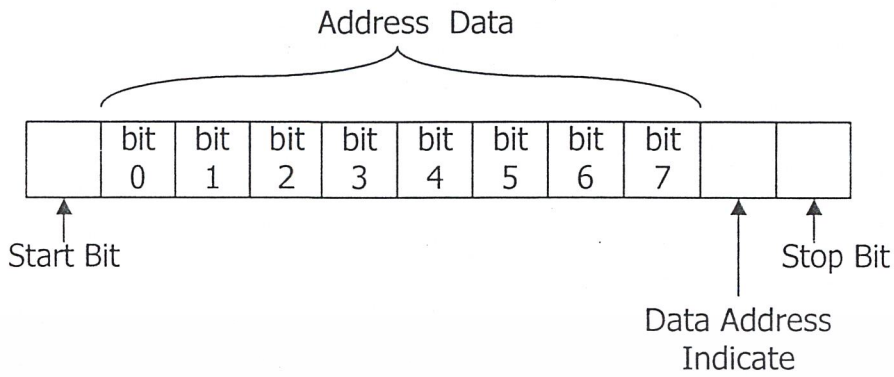
4.1 โพรโทคอลของระบบ HPPBX

การสื่อสารระหว่างชุดคีย์บอร์ดควบคุม และ ชุดกล่องสวิตซ์จึง เป็นการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89C51 แล้วนำสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงแบบ Balanced Data Transmission แล้วส่งสัญญาณผ่าน HPPBX Bus ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นการสื่อสารแบบ Half Duplex ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณในระบบ HPPBX

ในการส่งข้อมูลเพื่อการสื่อสาร 1 ครั้ง ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 11 บิต โดย ข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Address Data) ของชุดอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเลือกที่จะทำการสื่อสารด้วย ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลการทำงาน (Action Data) เพื่อนำไปประมวลผลเพื่อทำงาน



รูปที่ 4.2 แสดงชุดข้อมูลในการสื่อสาร (1) ข้อมูลชุดที่ 1 (2) ข้อมูลชุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ปลายทาง ได้แก่

1.1) ชุดคีย์บอร์ดควบคุม ทุกชุดมี 1 แอดเดรส(Address) ที่เหมือนกัน

1.2) ชุดกล่องสวิตชิง จำนวน 6 ชุด ประกอบด้วย 3 แอดเดรสที่แตกต่างกัน กำหนดเลือกได้จากการกด ปุ่มกำหนดตำแหน่งแถบ ที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุม แบ่งการทำงานออกเป็น 3 โหมดได้แก่

- ตำแหน่งแถบบน คือ การทำงาน Mode 1 ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตชิงที่ทำงาน 2 ชุด
- ตำแหน่งแถบบน คือ การทำงาน Mode 2 ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตชิงที่ทำงาน 2 ชุด
- ตำแหน่งแถบบน คือ การทำงาน Mode 3 ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตชิงที่ทำงาน 2 ชุด

(1) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบบน สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5 (Mode 1 Switching Box of Number 1 – 5) ใช้สัญลักษณ์คือ #11

(2) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบบน สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10 (Mode 1 Switching Box of Number 6 – 10) ใช้สัญลักษณ์คือ #12

(3) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบกลาง สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5 (Mode 2 Switching Box of Number 1 – 5) ใช้สัญลักษณ์คือ #21

(4) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบกลางสำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10 (Mode 2 Switching Box of Number 6 – 10) ใช้สัญลักษณ์คือ #22

(5) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบล่าง สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5 (Mode 3 Switching Box of Number 1 – 5) ใช้สัญลักษณ์คือ #31

(6) ชุดกล่องสวิตชิง ตำแหน่งแถบล่าง สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10 (Mode 3 Switching Box of Number 6 – 10) ใช้สัญลักษณ์คือ #32

1.3) ข้อมูลกำหนดตำแหน่งแถบ เพื่อระบุตำแหน่งแถบของอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้กับชุดคีย์บอร์ดควบคุมเก็บค่าข้อมูลไว้ เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลทุกครั้ง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการอ้างอิงถึงนั้น ประกอบด้วย 3 ตำแหน่งแถบ กำหนดเลือกโดยปุ่มกำหนดตำแหน่งแถบ 3 ปุ่มที่ตำแหน่งแถวที่ 4 ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม ประกอบด้วย 3 ข้อมูล ได้แก่

- ตำแหน่งแถบบน หรือ การทำงาน Mode 1
- ตำแหน่งแถบกลาง หรือ การทำงาน Mode 2
- ตำแหน่งแถบล่าง หรือ การทำงาน Mode 3

2) ข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลการทำงานเพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางทำงานตามที่กำหนด ได้แก่

2.1) ข้อมูลกำหนดตำแหน่งแถบ หรือ ข้อมูลกำหนดค่า Mode การทำงาน เพื่อบอกให้ระบบเตรียมความพร้อมที่จะทำงานในโหมดการทำงานนั้น ได้แก่

- ตำแหน่งอุปกรณ์แถบบน หรือ ตำแหน่งอุปกรณ์ใน Mode 1
- ตำแหน่งอุปกรณ์แถบกลาง หรือ ตำแหน่งอุปกรณ์ใน Mode 2
- ตำแหน่งอุปกรณ์แถบล่าง หรือ ตำแหน่งอุปกรณ์ใน Mode 3

เป็นข้อมูลที่ทำให้ชุดกล่องสวิตชิง และชุดคีย์บอร์ดควบคุม เตรียมพร้อมตรงกันที่จะทำงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งแถบนั้น โดยจะแสดงผลให้ทราบทางหลอด LED ที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุม ซึ่งข้อมูลชุดนี้จะส่งเป็นข้อมูลการทำงานชุดแรกสุด ก่อนการส่งข้อมูลการทำงานอื่นๆ หรือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยน Mode การทำงาน

2.2) ข้อมูลกำหนดการเปิด(ON) หรือ การปิด(OFF) เพื่อกำหนดให้กล่องสวิตชิงเตรียมความพร้อมที่จะทำการปิดหรือเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- ข้อมูลการปิด (OFF Data)
- ข้อมูลการเปิด (ON Data)

2.3) ข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่ออ้างอิงตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการทำการเปิดหรือปิด ประกอบด้วย 10 ข้อมูล โดยการอ้างอิงตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะใช้ข้อมูลอ้างอิงร่วมกับข้อมูลกำหนดตำแหน่งแถบ จำนวน 3 ข้อมูล ดังนั้นสามารถอ้างอิงตำแหน่งได้ทั้งหมด 30 ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่

- Mode 1 หรือ ตำแหน่งแถบบน = อุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งที่ 1 – 10
- Mode 2 หรือ ตำแหน่งแถบกลาง = อุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งที่ 1 – 10
- Mode 3 หรือ ตำแหน่งแถบล่าง = อุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งที่ 1 – 10

2.4) ข้อมูลการทำงานพิเศษ คือข้อมูลของปุ่ม “A” ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม มี 1 ข้อมูล เป็นการสวอนไว้เพื่อเพิ่มการทำงานแบบใหม่ให้กับระบบ HPPBX ในอนาคต เช่น

- การเปิดอัตโนมัติ (Automatic ON Control) ใช้ในกรณีที่ครั้งแรกที่กลับถึงบ้านแล้วต้องการเปิดอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น ไฟทางเดิน ภายในบ้าน เป็นต้น
 - การปิดอัตโนมัติ(Automatic OFF Control)ใช้ในกรณีที่ต้องการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทุกอุปกรณ์ ก่อนการออกจากบ้าน โดยไม่ต้องเดินไล่ปิดทีละจุด
- เป็นต้น

2.5) ข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Appliances Status Data) เป็นข้อมูลที่ชุดกล่องสวิตชิงส่งกลับมาให้ชุดคีย์บอร์ดควบคุมทันทีเมื่อทำการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อมูลการทำงานที่ได้รับมาเสร็จแล้ว โดยชุดคีย์บอร์ดควบคุมจะแสดงผลทางหลอด LED ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 20 ข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ข้อมูลสถานะการเปิด ของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 10 ข้อมูล
 - ข้อมูลสถานะการปิด ของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 10 ข้อมูล
- ซึ่งข้อมูลสถานะนี้จะเหมือนกันทั้ง 3 Mode การทำงาน

4.2 การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม แบ่งประเภทของการทำงานและมีลำดับการทำงานในแต่ละขั้นตอนต่างกัน ดังนี้

- การทำงานขั้นตอนการเริ่มต้นเปิดเครื่อง
- การทำงานควบคุมการเปิดและการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
- การทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (AUTO ON)
- การทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (AUTO OFF)

ตำแหน่งของปุ่มคีย์บอร์ดนั้นอ้างอิงจากรูปที่ 3.5 โดยมี ลำดับการทำงาน และลำดับการกดคีย์บอร์ดเพื่อใช้งาน ดังนี้

4.2.1 การทำงานขั้นตอนการเริ่มต้นเปิดเครื่อง ทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่อง ชุดคีย์บอร์ดควบคุมจะไม่สามารถทำงานได้ต้องมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือต้องป้อนข้อมูลของจำนวน ชุดกล่องสวิตชิง ที่มีการใช้งานทั้งหมดในระบบHPPBX (ภายในบ้าน)ให้กับชุดคีย์บอร์ดควบคุมทราบ เพื่อการทำงานที่ถูกต้องได้ โดยมีรายละเอียดของคีย์บอร์ด ดังนี้

- ปุ่มที่ 1 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #11
- ปุ่มที่ 2 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #12
- ปุ่มที่ 3 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #21
- ปุ่มที่ 4 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #22
- ปุ่มที่ 5 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #31
- ปุ่มที่ 6 แทน ชุดกล่องสวิตชิง #32
- ปุ่ม A แทน การบันทึกข้อมูลให้กับชุดคีย์บอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการกดปุ่ม คือผู้ใช้งานต้องกด ปุ่มแทนชุดกล่องสวิตซ์ซึ่ง ให้ครบตามจำนวน ที่มีใช้งานจริง แล้ว กดปุ่ม A เป็นลำดับสุดท้ายเพื่อเริ่มการทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

ขั้นตอนที่ 2 คือการให้ชุดคีย์บอร์ดควบคุม แสดงค่าสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ ไฟฟ้าภายในบ้านที่เป็นค่าปัจจุบัน(Update of Electrical Appliances Status Data) โดยการ กด ปุ่ม A แล้วชุดคีย์บอร์ดจะทำงานอัตโนมัติ โดยสังเกตจากหลอด BUSY LED จะติด ซึ่ง ต้องรอกว่าหลอด BUSY จะดับ จึงสามารถใช้งานชุดคีย์บอร์ดควบคุมตามปกติได้

4.2.2 การทำงานควบคุมการเปิดและการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า แบ่งลำดับการทำงาน ได้ 2 แบบ ได้แก่

4.2.2.1 การทำงานควบคุมการเปิด มีลำดับการกดคีย์บอร์ด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กดปุ่มเลือกตำแหน่งแถบของอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

ตำแหน่งแถบบน , ตำแหน่งแถบล่าง และตำแหน่งแถบล่าง

ขั้นตอนที่ 2 กดปุ่ม ON

ขั้นตอนที่ 3 เลือกกดปุ่มตำแหน่งอุปกรณ์ที่ต้องการเปิดตามต้องการ

ทุกครั้งที่ต้องการควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งแถบบน ต้องเริ่มจากขั้นตอนที่ 1 ทุกครั้ง และในขณะที่ระบบกำลังทำงานหลอด BUSY จะ ติด ต้องรอให้หลอด BUSY ดับก่อนทุกครั้งจึงสามารถกดปุ่ม เพื่อทำงานอื่นได้

4.2.2.1 การทำงานควบคุมการปิด มีลำดับการกดคีย์บอร์ดแตกต่างจาก การทำงานควบคุมการเปิด เฉพาะขั้นตอนที่ 2 คือเปลี่ยนเป็นกดปุ่ม OFF

และในขณะที่การทำงานในตำแหน่งแถบบนเดียวกัน สามารถเปลี่ยนการทำงาน จากการเปิดเป็นการปิด โดยเริ่มจากขั้นตอนที่ 2 ได้

4.2.3 การทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ เป็นการทำงานของระบบHPPBX ที่ ใช้งานใน กรณี ครั้งแรกเมื่อผู้ใช้ กลับมาถึงบ้าน แล้วต้องการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งที่ จำเป็น โดยไม่ต้องไล่เปิดทีละตำแหน่ง เช่น หลอดไฟทางเดิน หรือหลอดไฟหน้า/หลังบ้าน เป็นต้น โดยมีลำดับการกดปุ่ม คือ กดปุ่ม ON ตามด้วย ปุ่ม A โดยระบบHPPBX จะ ทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่ง ตามที่มีการกำหนดไว้ในขั้นตอนการติดตั้ง

4.2.4 การทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ เป็นการทำงานของระบบHPPBX ที่ใช้งานในกรณี ผู้ใช้จะออกจากบ้าน แล้วต้องการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในบ้านโดยไม่ต้องไล่ปิดทีละตำแหน่ง เพื่อความปลอดภัยในขณะที่ไม่มีคนอยู่บ้าน โดยมีลำดับการกดปุ่ม คือ กดปุ่ม OFF ตามด้วย ปุ่ม A โดยระบบHPPBX จะทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในทุกตำแหน่งภายในบ้าน หรือ ทุกอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้ากับระบบ HPPBX

4.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ของวงจร ชุดคีย์บอร์ดควบคุม

4.3.1 IC ชนิด **Differential Bus Transceiver** เบอร์ SN75176A เป็นทั้งตัวรับและตัวส่งสัญญาณ(Transceiver) ระหว่าง HPPBX Bus กับ พอร์ตอนุกรม ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเปลี่ยนรูปสัญญาณ ที่ออกจาก พอร์ตอนุกรมTXD ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณในลักษณะ Balanced Digital Signal ตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อส่งสัญญาณผ่าน HPPBX Bus และ รับสัญญาณ จาก Bus แล้วเปลี่ยนแปลงสัญญาณเพื่อเป็นข้อมูลให้กับพอร์ตอนุกรม RXD เพื่อนำไปประมวลผล การ Enable ให้ SN75176A เป็นตัวส่ง โดยการส่งค่า Logic 1 จาก P3.7 มาที่ขา DE และ ถ้าต้องการให้เป็นตัวรับ โดยการส่งค่า Logic 0 เข้ามา ขา A และ ขา B จะต่อเข้ากับ Bus และต่อกับ ขา A และ ขา B ของอุปกรณ์ปลายทาง

4.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่รับค่าจากการกดคีย์บอร์ด แล้วทำงานส่งค่าข้อมูล ไปที่วงจรของชุดกล่องสวิทช์ซึ่งปลายทาง ที่อ้างอิงตำแหน่งถึง ได้แก่

- รับค่า ปุ่มกำหนดตำแหน่งแถบ แล้วสร้างค่าAddress Data เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล
- รับค่า ปุ่ม ON หรือ OFF แล้วส่งข้อมูล Action Data ไปให้ ชุดกล่องสวิทช์พร้อมที่จะ ทำงาน เปิด หรือ ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า

- รับค่า ปุ่มกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ แล้วส่ง Action Data ไปให้ชุดกล่องสวิทช์ เพื่อ เปิด หรือ ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ในตำแหน่งที่กำหนด

และ ทำหน้าที่รับข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นข้อมูลจากชุดกล่องสวิทช์ แล้วนำค่าไปประมวลผลเพื่อแสดงผลออกทางหลอด LED ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และ จะรับข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลตลอดเวลา ในทุกครั้งที่อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ

4.3.3 IC ชนิด **8 bit Addressable Latch** เบอร์ 74LS259 ควบคุมการแสดงผลของหลอด LED เพื่อแทนสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน จำนวนทั้งหมด 30 หลอด โดยหลอดLED สว่าง(ON) แทนสถานะการเปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า และหลอด LED ดับ(OFF)

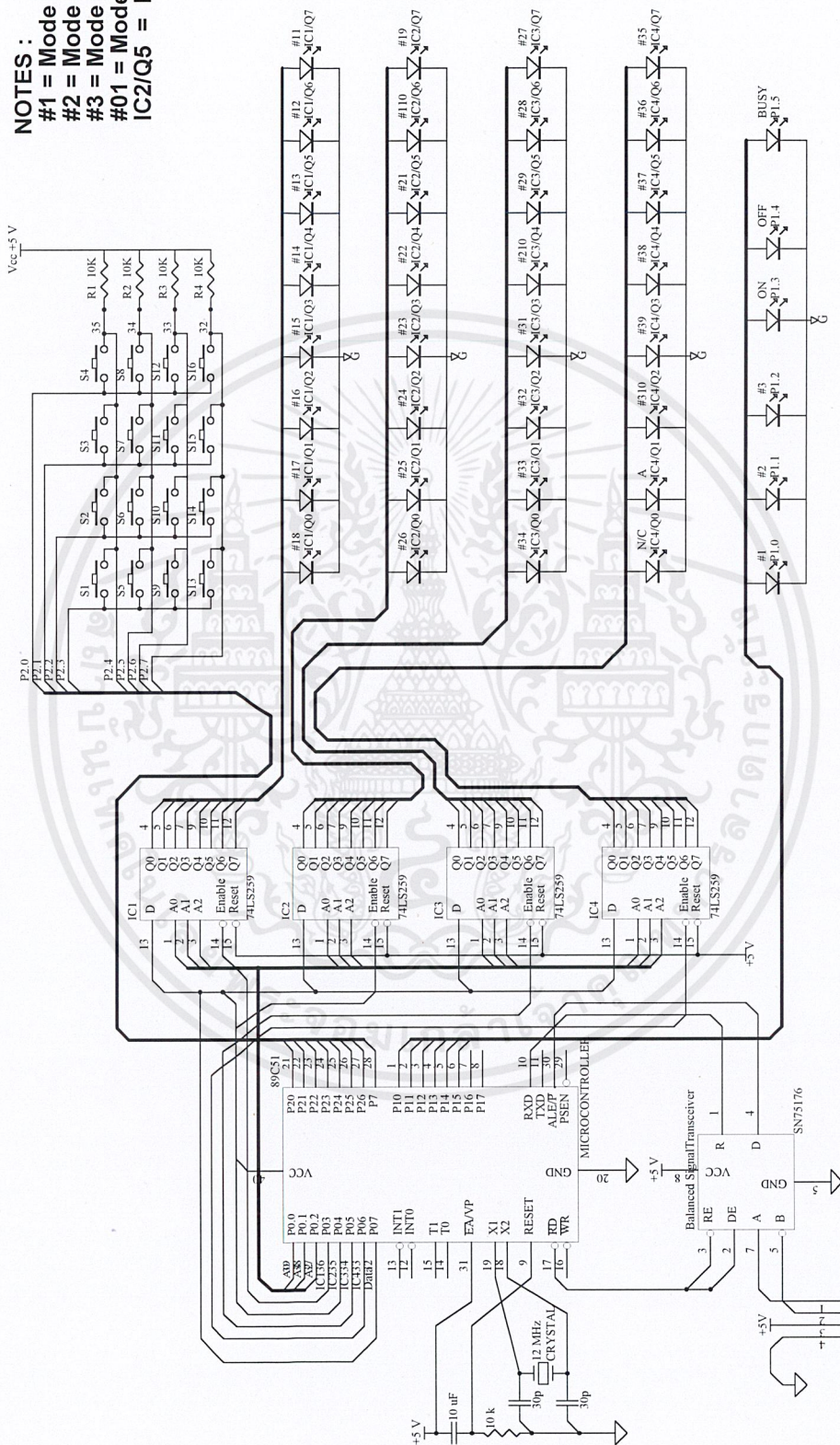
แทนสถานะการปิด ซึ่ง IC 1 ตัวประกอบด้วยเอาต์พุต 8 พอร์ต และใช้ IC จำนวน 4 ตัว เพื่อให้เพียงพอ และจะควบคุมเลือกแสดงผลในตำแหน่ง LED โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย ขา A0 , A1 , A2 อ้างอิงตำแหน่งเอาต์พุต Q0 – Q7 และขา E เพื่อเลือก Enable IC เพื่อให้ทำงาน และส่ง ค่า Logic (0 หรือ 1) ให้กับขา D เพื่อควบคุมการ ON (Logic 1) หรือ OFF (Logic 0) ของ หลอด LED การนำ IC เบอร์นี้เข้ามาใช้งานเพื่อช่วยในการขยายพอร์ตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จาก 8 พอร์ต ให้เป็น 30 พอร์ต เพื่อให้เพียงพอกับจำนวนหลอด LED

4.3.4 คีย์บอร์ด 16 ปุ่ม เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อกดเลือกควบคุมการทำงาน ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ของระบบ HPPBX ประกอบด้วย

- ปุ่มกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ 10 ปุ่ม และ หลอด LED 30 หลอด
- ปุ่มกำหนดตำแหน่งแถบ 3 ปุ่ม และ หลอด LED 3 หลอด
- ปุ่มกำหนดค่าการทำงาน ON หรือ OFF 2 ปุ่ม และหลอด LED 2 หลอด
- ปุ่มกำหนดการทำงานพิเศษ (ปุ่ม A) 1 ปุ่ม และหลอด LED 1 หลอด

4.3.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 โวลต์ (+5 V Regulator) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงการทำงานของวงจร จากสายไฟเลี้ยงวงจร(Power Supply Line) โดยใช้ IC Regulator เบอร์ LM7805

NOTES :
 #1 = Mode 1
 #2 = Mode 2
 #3 = Mode 3
 #01 = Mode 0 No. 1
 IC2/Q5 = IC2 port Q5



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรชุดรีเลย์บอร์ดควบคุม

HPPBX Bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน HPPBX Switching Box

5.1 หลักการทำงาน

ทุกชุดกล่องสวิตซ์ของระบบHPPBX ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์จ่ายกระแสไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ควบคุมการทำงานของวงจร โดยจะรับสัญญาณข้อมูล การทำงาน(Action Data) จากชุดคีย์บอร์ดควบคุม แล้วนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมการสวิตซ์เปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามตำแหน่งอุปกรณ์ ที่ผู้ใช้งานต้องการควบคุม ได้อย่างถูกต้อง

ในระบบ HPPBX 1 ระบบ ประกอบด้วยชุดกล่องสวิตซ์จำนวน 6 ชุด และแต่ละชุดสามารถควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จำนวน 5 ตำแหน่งอุปกรณ์ และรวมทั้งหมดได้ 30 ตำแหน่งอุปกรณ์

จากโปรโตคอลของการสื่อสารของระบบ HPPBX นี้ ทำให้ได้ค่าข้อมูลอ้างอิงตำแหน่ง (Address Data) ของชุดกล่องสวิตซ์ จำนวน 6 ข้อมูล สำหรับ 6 ชุดกล่องสวิตซ์ ดังนี้

Address data	ชุดกล่องสวิตซ์
1	#11 ตำแหน่งแถบบน (Mode 1) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5
2	#12 ตำแหน่งแถบบน (Mode 1) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10
3	#21 ตำแหน่งแถบกลาง (Mode 2) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5
4	#22 ตำแหน่งแถบกลาง (Mode 2) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10
5	#31 ตำแหน่งแถบล่าง (Mode 3) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 1 – 5
6	#32 ตำแหน่งแถบล่าง (Mode 3) สำหรับอุปกรณ์ลำดับที่ 6 – 10

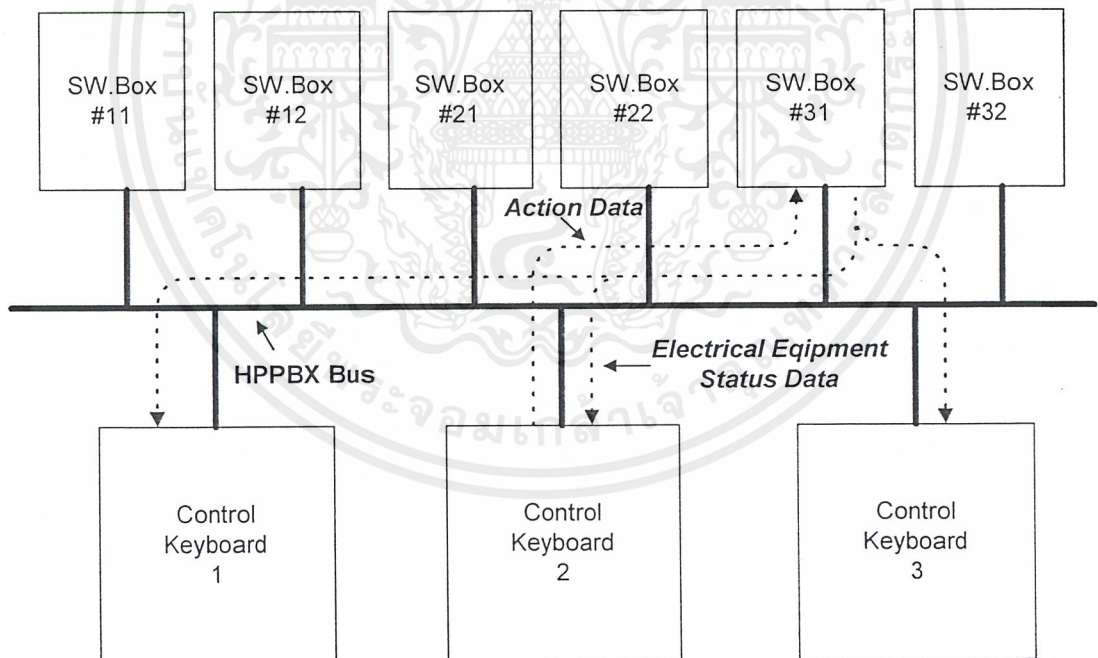
ในแต่ละครั้งที่ผู้ใช้งานกดเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อทำการเปิดหรือปิดนั้นชุดคีย์บอร์ดควบคุมจะทำการประมวลผลเพื่อเลือกข้อมูลอ้างอิงตำแหน่ง ให้ตรงกับค่า ตำแหน่งของชุดกล่องสวิตซ์ เพราะในการสื่อสารแต่ละครั้ง จะมีเพียง 1 ชุดจากทั้งหมด 2 ชุดของ 1 Modeการทำงานของกล่องสวิตซ์เท่านั้นที่จะรับข้อมูลได้ เพื่อกำหนดข้อมูลไปประมวลผลเพื่อการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้นข้อมูลการกระทำ จะรับเข้าโดยชุดกล่องสวิตซ์ ที่อยู่ในโหมดการทำงานนั้นเพียง 1 ชุด ที่จะทำการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้ว ส่งข้อมูลการแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า กลับ

ไปให้ ชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพื่อแสดงผลออกทางหลอด LED ซึ่งขึ้นอยู่กับว่า ข้อมูลการกระทำนั้น เป็นของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ตำแหน่งใด ได้แก่

- ชุดกล่องสวิทช์ซึ่ง ชุดที่ 1 จะประมวลผลสำหรับ ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับที่ 1 - 5
 - ชุดกล่องสวิทช์ซึ่ง ชุดที่ 2 จะประมวลผลสำหรับ ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับที่ 6 - 10
- ซึ่งในการติดตั้งต้องมีการระบุโดยช่างเทคนิค(Technical) เพื่อให้กล่องสวิทช์ซึ่งแต่ละกล่อง

มีตำแหน่งการอ้างอิงตำแหน่งต่างๆกัน

การส่งข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า ไปที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุมนั้น ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง ทุกชุดคีย์บอร์ดควบคุมจะสามารถรับข้อมูลได้เหมือนกันหมด เพราะข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งมีค่าเหมือนกัน ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งใดๆ ภายในบ้าน สามารถแสดงผลได้ที่ทุกชุดของคีย์บอร์ดควบคุม ทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมแต่ละชุดได้ ซึ่งทิศทางการสื่อสารข้อมูลแสดงในรูปที่ 5.1

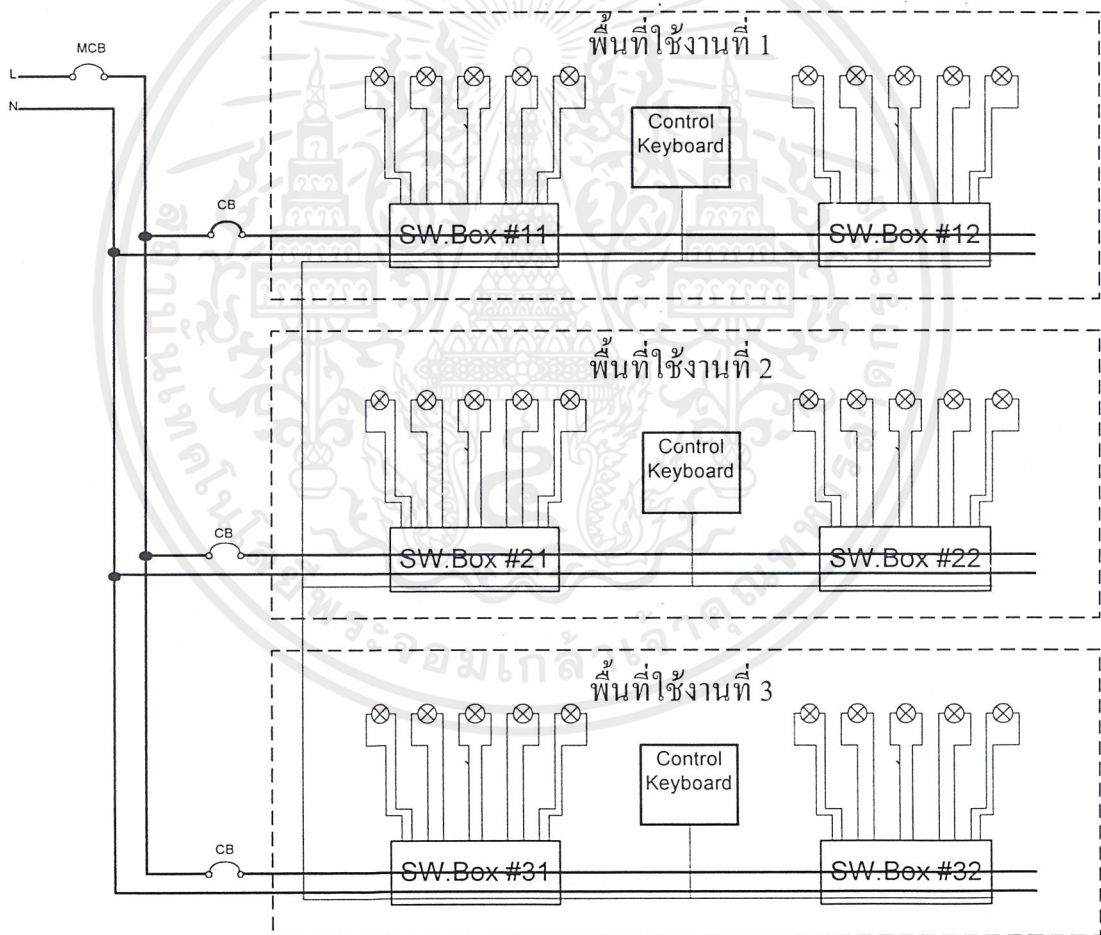


รูปที่ 5.1 แสดงทิศทางการสื่อสารข้อมูลในระบบ HPPBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การติดตั้งเพื่อใช้งานภายในบ้าน

ชุดกล่องสวิทช์ซึ่ง ทำหน้าที่เป็นทั้งกล่องกระจายสาย(Distribution Box) และวงจรสวิทช์ ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน คือสายไฟหลัก(220 โวลต์) จาก ต่อจาก MCB(Main Circuit Breaker) แล้วต่อเข้ากับ พอร์ตอินพุตไฟฟ้า 220 โวลต์ ของทุกชุดของชุดกล่องสวิทช์ ซึ่งแล้ว เมื่อต้องการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการต่อสายไฟจากพอร์ตเอาต์พุต 220 โวลต์ ได้ จำนวนสูงสุด 5 พอร์ต ต่อ 1 ชุดกล่องสวิทช์ โดยทำการเลือกตำแหน่งของกล่องสวิทช์ซึ่งที่ใกล้ที่สุด เพื่อให้การเดินสายไฟสั้นที่สุดหรือสะดวกที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะบ้านแต่ละหลัง และจะติดตั้งชุดกล่องสวิทช์ กระจายให้ทั่วตัวบ้านเพื่อครอบคลุมปริมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน แสดงแผนภาพการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานภายในบ้าน ดังรูปที่ 5.2



- NOTES : 1) MCB = Main Circuit Breaker
2) CB = Circuit Breaker

รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดกล่องสวิทช์ซึ่งเพื่อใช้งาน

การทำงานของวงจรชุดกล่องสวิตซ์ ซึ่ง ในส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์นั้นต้องการ และอุปกรณ์สวิตซ์สามารถทนได้ ได้แก่ ไตรแอก , รีเลย์(Relay) หรือ แมกเนติกสวิตซ์ (Magnetic Switch) เป็นต้น ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้ได้เลือกใช้ อุปกรณ์ประเภทไตรแอก เพื่อสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ และสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ในอนาคต

5.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในวงจร

5.3.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นส่วนเชื่อมต่อการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณแบบ Balanced Digital Signal ซึ่งทำงานและทำหน้าที่เช่นเดียวกันกับ ในวงจรของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

5.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณข้อมูลการทำงาน(Action Data) ที่ส่งมาจากชุดคีย์บอร์ดควบคุม แล้วทำการส่งสัญญาณให้วงจรไตรแอก เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นจะส่งข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับไปให้ชุดคีย์บอร์ดควบคุมทุกชุดเพื่อแสดงผลทางหลอดLED ให้ผู้ใช้งานทราบถึงการทำงานที่ถูกต้องของชุดกล่องสวิตซ์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทำการเปิดหรือปิดจริง รูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

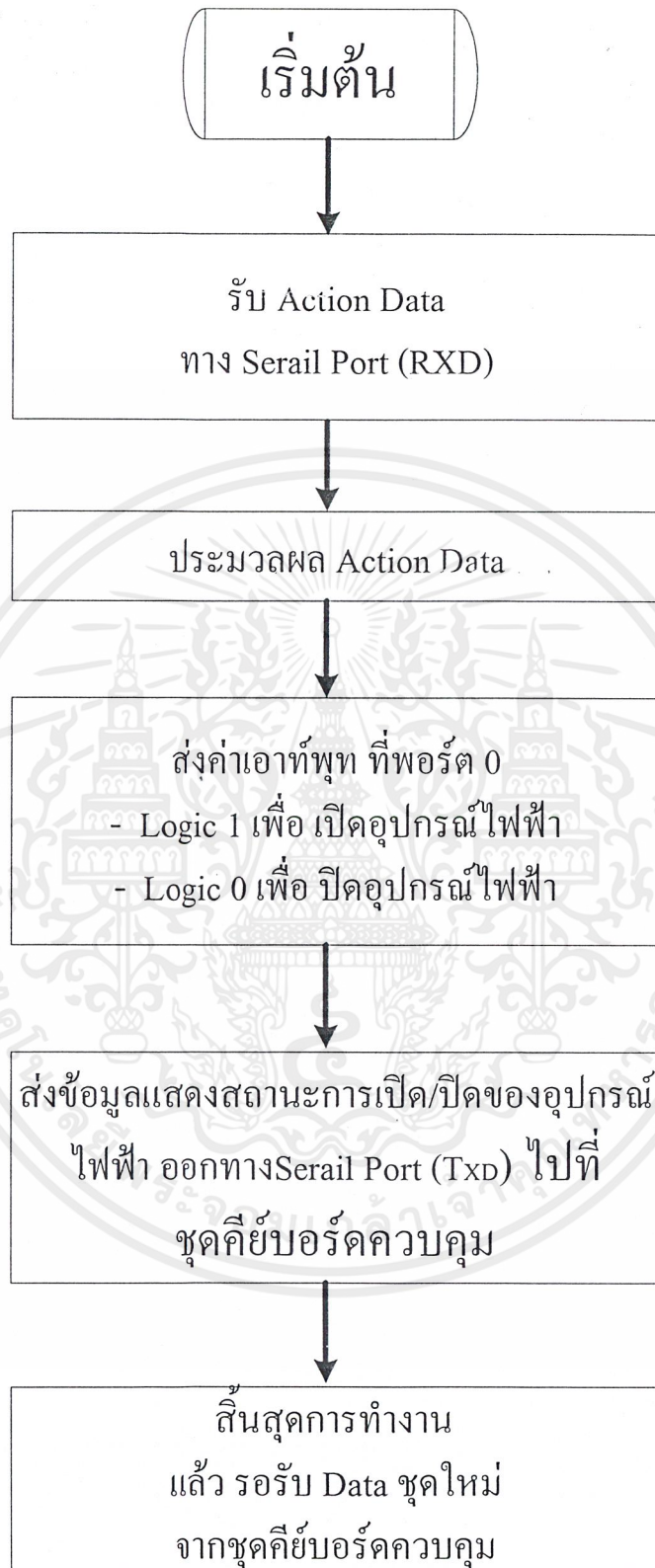
- พอร์ต 0 , 1 , 2.3 – 2.7 สงวนไว้ใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อควบคุมการสวิตซ์ของวงจรสวิตซ์(ไตรแอก , รีเลย์) ที่ต้องการพัฒนาใช้เพิ่มในอนาคต
- พอร์ต RXD ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต TXD ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต 2.0 , 2.1 , 2.2 ใช้เป็นพอร์ตระบุตำแหน่งอ้างอิง(Address) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานในโหมดต่างๆ ที่อ้างอิงได้สูงสุด 8 ตำแหน่งอ้างอิง โดยการ ใช้ ดิพสวิตซ์ 3 ช่อง กำหนดเป็นชุดกล่องสวิตซ์แบบต่างๆ ได้ดังนี้

Type of HPPBX Switching Box	P2.0	P2.1	P2.2
Switching Box #11	0	1	1
Switching Box #12	1	0	1
Switching Box #21	1	1	0

Type of HPPBX Switching Box	P2.0	P2.1	P2.2
Switching Box #22	0	1	0
Switching Box #31	1	0	0
Switching Box #32	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของวงจรมicroคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

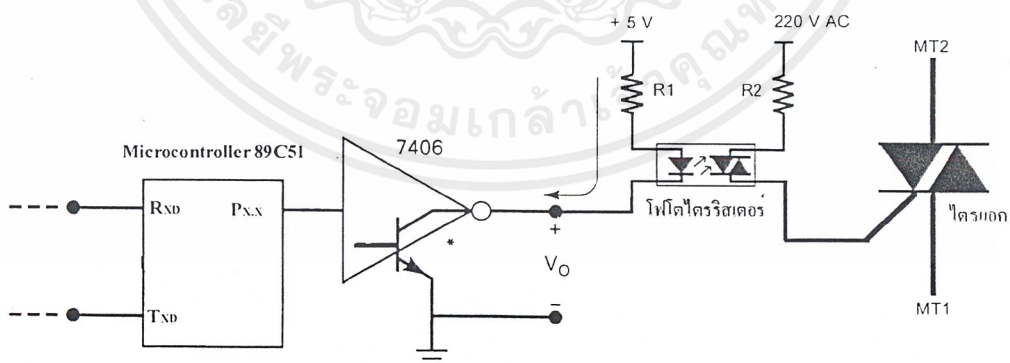
5.3.3 วงจร INVERTER

ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) แบบ Inverting Output ให้กับวงจรของ D Flip Flop และ วงจรของโฟโตไดรริสเตอร์เพื่อประโยชน์ดังนี้

1) ทำหน้าที่เป็น Current Sink แทนวงจรของ D Flip Flop ให้แก่วงจรโฟโตไดรริสเตอร์ ให้มีกระแสไบอัสคงที่และเพียงพอที่ LED จะไอโซเลท(Isolate) ให้โฟโตไดรริสเตอร์มีสถานะให้กระแสสามารถไหลผ่านจากขา T2 กับ T1 ได้ โดยเลือกใช้ INVERTER ชนิด TTL โอเพ่นคอลเล็กเตอร์ (Open-collector) ซึ่งอธิบายลักษณะ โครงสร้างและหลักการทำงานตามรูปที่ 4.8

หลักการทำงานของ INVERTER คือ เมื่อสัญญาณอินพุตมีค่าเป็น Low ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตมีค่าเป็น High ทำให้กระแสไบอัส LED ไม่เพียงพอ สำหรับการไอโซเลทสัญญาณได้ และเมื่อสัญญาณอินพุต มีค่าเป็น High จะได้สัญญาณเอาต์พุตมีค่าเป็น Low ดังนั้น ตามหลักการทำงานของ IC ตระกูล TTL แล้วที่จุดเอาต์พุตจะเสมือนว่าลัดวงจรกับกราวด์ ทำให้มีกระแสไบอัสเพียงพอให้ LED สามารถไอโซเลท โฟโตไดรริสเตอร์ให้มีสถานะนำกระแสจาก T2 กับ T1 ได้ ซึ่ง INVERTER เบอร์ 7406 นี้ สามารถเป็น Current Sink ได้สูงถึง 100 mA ซึ่งเพียงพอกับการใช้งานสำหรับวงจรนี้

2) ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ แบบ Inverting output ป้องกันความเสียหายของวงจรลอจิกเกตได้แก่ วงจรในส่วนที่ 1 ถึง 3 อันเนื่องมาจากความผิดปกติด้านไฟฟ้าทางด้านวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ได้แก่ วงจรส่วนที่ 4 (อุปกรณ์โฟโตไดรริสเตอร์ และ ไตรแอก)



รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะ โครงสร้างและหลักการทำงานของ INVERTER เบอร์ 7406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 วงจรสวิตช์โซลิตเสตท

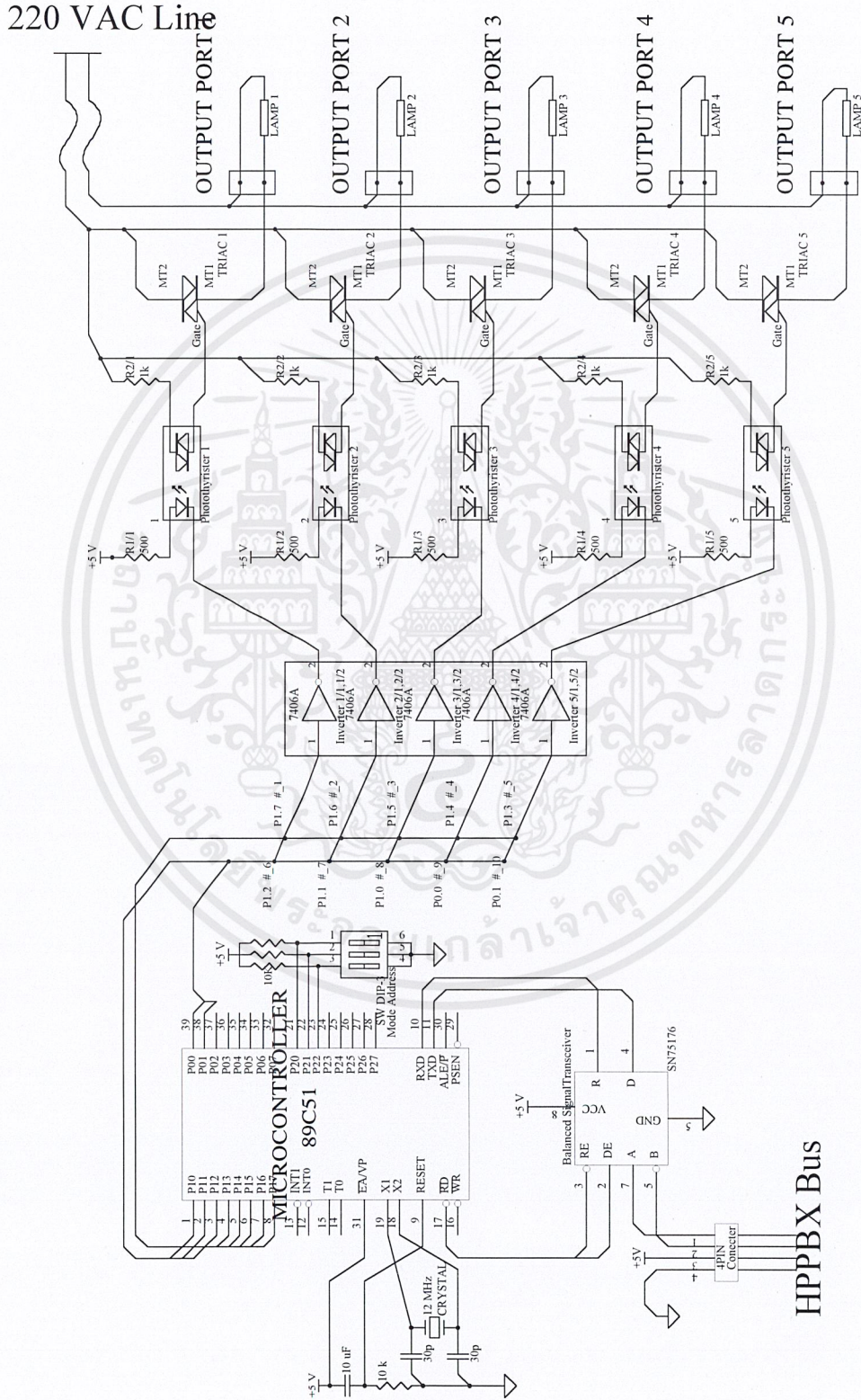
ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ประกอบด้วย

1) โฟโตไตรริสเตอร์ มีโครงสร้างภายในเป็น LED และ โฟโตไตรริสเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ทำหน้าที่แยกวงจรลจิกเกท กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ออกจากกัน เพื่อการทำงานในลักษณะให้สัญญาณควบคุมจากวงจรลจิกสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงได้ และในวงจรนี้ใช้งานควบคุมการเปิดและปิด หลอดไฟภายในบ้าน ซึ่งอุปกรณ์โฟโตไตรริสเตอร์ มีสถานะการทำงานคล้ายกับสวิตช์ คือ สถานะปิดสวิตช์ (switch close) คือยอมให้กระแสไหลผ่านได้ และ สถานะเปิดสวิตช์ (switch open) คือไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ และเอาท์พุทของโฟโตไตรริสเตอร์นี้ นำไปเป็นกระแสเกตให้กับไทรแอกเพื่อควบคุมการทำงานของไทรแอกต่อไป จากรูปที่ 5.5 แสดงการต่อวงจร ซึ่งค่า R1 และ R2 ทำหน้าที่จำกัดปริมาณกระแสที่จ่ายให้กับ LED ไอโซเลเตอร์ (Isolater) และขาเกตของไทรแอกตามลำดับ

2) ไทรแอก ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการเปิดและปิดของหลอดไฟฟ้าภายในบ้าน หลักการคือ เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายมาจากเอาท์พุทของโฟโตไตรริสเตอร์มาที่ขาเกตของไทรแอก ทำให้กระแสไฟฟ้าสลับ สามารถไหลผ่านระหว่างขา MT2 กับ MT1 ได้ เพื่อจ่ายให้กับหลอดไฟฟ้าต่อไป หรือ ไทรแอกจะอยู่ในสถานะปิดสวิตช์ และเมื่อไม่มีกระแสจ่ายให้ที่ขาเกตของไทรแอกเมื่อโฟโตไตรริสเตอร์ อยู่ในสถานะเปิดสวิตช์ ทำให้ไทรแอก อยู่ในสถานะเปิดสวิตช์เช่นเดียวกัน หรือการปิดหลอดไฟฟ้านั้นเอง

อุปกรณ์สวิตช์โซลิตเสตทที่เลือกใช้นี้ ได้แก่ โฟโตไตรริสเตอร์ เบอร์ MOC2030 และ ไทรแอก เบอร์ BT136 ซึ่งสามารถทำงานในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ใช้งานกับกระแสสูงสุดได้ 4 แอมแปร์

5.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 โวลต์ (+5 V Regulator) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงการทำงานของวงจร จากสายไฟเลี้ยงวงจร (Power Supply Line) โดยใช้ IC Regulator เบอร์ LM7805



รูปที่ 5.6 แสดงวงจรชุดกล่องสวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทำงานของระบบ HPPBX

จากการออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า แบบระบบ HPPBX นี้ มีการทดลองเพื่อศึกษาถึงการทำงานได้ของระบบ และประโยชน์ที่ได้รับ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การทดลองเรื่องผลการทำงานของระบบ HPPBX
2. การเปรียบเทียบเรื่องปริมาณของการเดินสายไฟในระบบ HPPBX กับระบบปกติ

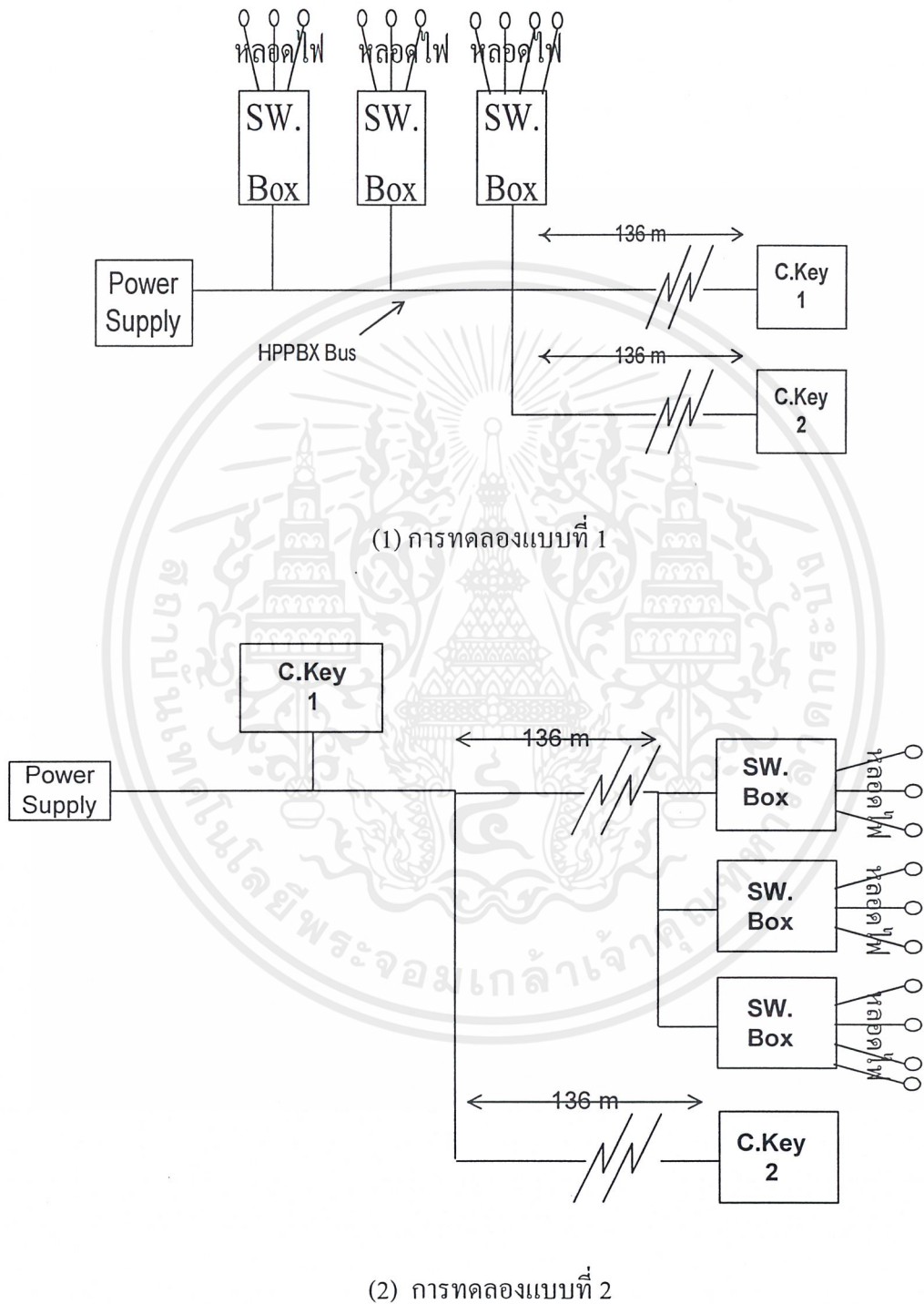
6.1 การทดลองเรื่อง ผลการทำงานของระบบ HPPBX

การทดลองเพื่อให้ทราบถึงผลการทำงานของระบบ HPPBX ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ตรงตามคุณสมบัติ (specification) ที่กำหนดไว้จากขั้นตอนการออกแบบ

ซึ่งการออกแบบในตอนนี้ได้เน้นถึงการออกแบบส่วนการทำงานในการสื่อสารกันระหว่างชุดคีย์บอร์ดควบคุมกับชุดกล่องสวิตซ์ และการออกแบบโปรโตคอล การสื่อสารเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติที่กำหนด ดังนั้นในส่วนวงจรที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เพื่อเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นได้เลือกใช้ประเภทโซลิดสเตตสวิตซ์ได้แก่ ออปโตไดรริสเตอร์ และ ไตรแอก และใช้หลอดไฟชนิดหลอดไส้ ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ เป็นกรณีศึกษาเพื่อแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

6.1.1 วิธีการทดลอง

ทดลองโดยใช้ชุดคีย์บอร์ดควบคุมจำนวน 2 ชุด และชุดกล่องสวิตซ์จำนวน 3 ชุด ส่งสัญญาณควบคุมผ่าน HPPBX Bus ซึ่งเลือกใช้สาย Unshielded Twist Pair (UTP) ชนิด 4 คู่สาย ชนิด Category 5 , 24 AWG ความยาว 136 เมตร และใช้หลอดไฟชนิดหลอดไส้ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ จำนวน 10 หลอด ต่อเข้ากับพอร์ตเอาท์พุทของกล่องสวิตซ์ โดยมีลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 6.1 ดังนี้



รูปที่ 6.1 การจัดวางอุปกรณ์ของระบบ HPPBX ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดกล่องสวิตช์ซึ่งได้ออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hard ware) ให้สามารถเลือกกำหนดเป็นชุดกล่องสวิตช์สำหรับ Mode การทำงานต่างๆ ได้แก่ ชุดกล่องสวิตช์แบบ #11 , #12 , #21 , #22 , #31 และ #32 ได้โดยง่ายจากการเลื่อน คิวสวิตช์ ที่ พอร์ต 2.0 , 2.1 และ 2.2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นจึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองโดย

ชุดการทดลองที่ 1 เลือกกำหนดให้เป็นชุดกล่องสวิตช์แบบ #11 , #21 และ #31
ชุดการทดลองที่ 2 เลือกกำหนดให้เป็นชุดกล่องสวิตช์แบบ #12 , #22 และ #32
ซึ่งในแต่ละชุดการทดลอง มีรายละเอียดการทดลองเหมือนกัน ดังที่กล่าวมาแล้ว

6.1.2 ผลการทดลอง

การทดลองในการจัดวางอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ และการเลือกกำหนดชุดกล่องสวิตช์ เป็น 2 ชุดการทดลองนั้น มีผลการทำงานของระบบ HPPBX เหมือนกัน ดังนี้

1. เมื่อเริ่มเปิดเครื่องของชุดคีย์บอร์ดควบคุมสามารถทำงานเปลี่ยนแปลงค่าสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นค่าปัจจุบันได้ถูกต้อง(Update Electrical Appliances Status) ทุกตำแหน่ง
2. สามารถควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้าได้ในตำแหน่งที่ถูกต้องกับการกดเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ จากชุดคีย์บอร์ดควบคุม การเปิดหรือปิดหลอดไฟใช้เวลาหลังจากการกดปุ่ม 2 วินาที โดยการกดเลือกเพื่อเปิดหรือปิดหลอดไฟในตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำได้ครบทุกตำแหน่งแถบอุปกรณ์ (Mode การทำงาน) อย่างอิสระต่อกัน
3. การแสดงผลสถานะการเปิดปิดของหลอดไฟ ที่แสดงทางหลอด LED ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม ทั้งสองชุดแสดงผลได้ถูกต้องตรงกันและใช้เวลาในการแสดงผลได้พร้อมกันกับการเปิดหรือปิดของหลอดไฟ
4. เมื่อมีการกดปุ่มใดๆแล้วชุดคีย์บอร์ดควบคุมทำงานไม่ตอบสนองต่อการกดปุ่มสังเกตได้จากหลอด Busy LED ติดตลอดเวลา สามารถแก้ไขให้สามารถทำงานได้เป็นปกติโดยการกดปุ่มนั้นซ้ำหรือกดปุ่มตำแหน่งอุปกรณ์ซ้ำ ซึ่งการกลับมาทำงานได้เป็นปกติสังเกตจากหลอด Busy LED ดับ
5. การกดปุ่มของชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพื่อไม่ให้มี การไม่ตอบสนองต่อการกดปุ่มนั้น ทำได้โดยเว้นช่วงเวลาในการกดปุ่มแต่ละปุ่มเป็นเวลามากกว่า 3 วินาที

6.1.3 ผลการทดลองการทำงานพิเศษ

เนื่องจากได้ออกแบบเพิ่มการทำงานพิเศษของระบบ HPPBX ดังนี้

1. การทำงานควบคุมการเปิดอัตโนมัติ (Automatic ON Control)
2. การทำงานควบคุมการปิดอัตโนมัติ (Automatic OFF Control)

ซึ่งได้ผลการทำงานได้ของระบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำงานควบคุมการเปิดอัตโนมัติ โดยการกดปุ่ม ON ตามด้วยปุ่ม A แล้วหลอดไฟจะมีการเปิดเรียงลำดับจาก Mode การทำงานที่ 1 (ตำแหน่งแถบบน) ลำดับหลอดที่ 1 แล้วเรียงลำดับไปจนถึงลำดับหลอดที่ 10 แล้วเรียงลำดับต่อไปด้วย Mode การทำงานที่ 2 (ตำแหน่งแถบกลาง) และ Mode การทำงานที่ 3 (ตำแหน่งแถบล่าง) และหลอด LED แสดงสถานะที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลง(ติด) ตรงกันทั้ง 2 ชุด

- การทำงานควบคุมการปิดอัตโนมัติ โดยการกดปุ่ม OFF ตามด้วยปุ่ม A แล้วหลอดไฟจะมีการปิดเรียงลำดับจาก Mode การทำงานที่ 1 (ตำแหน่งแถบบน) ลำดับหลอดที่ 1 แล้วเรียงลำดับไปจนถึงลำดับหลอดที่ 10 แล้วเรียงลำดับต่อไปด้วย Mode การทำงานที่ 2 (ตำแหน่งแถบกลาง) และ Mode การทำงานที่ 3 (ตำแหน่งแถบล่าง) และหลอด LED แสดงสถานะที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลง(ดับ) ตรงกันทั้ง 2 ชุด

6.1.4 ผลการทดลองค่าสถานะการทำงานของตำแหน่งต่างๆในวงจร

การพิจารณาค่าสถานะการทำงานของวงจร แบ่งเป็น

- ค่าสถานะการทำงานของวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม
 - ค่าสถานะการทำงานของวงจรชุดกล่องสวิตซ์
- โดยการแสดงผลการทดลองทำได้ 2 แบบ ได้แก่

6.1.4.1 การแสดงผลเป็นค่าลอจิก(logic) ซึ่งแสดงผลการทำงานของวงจรในส่วน

การทำงานที่เป็นค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จำแนกได้เป็น

- ลอจิก 1 คือ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4 – 5 โวลต์
- ลอจิก 0 คือ ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0 – 0.5 โวลต์

มีรายละเอียดของส่วนการทำงานต่างๆ ของวงจร ดังนี้

1) วงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม แสดงได้จากตารางที่ 6.1 – 6.6

- ขา Rxd ของ IC เบอร์ 89C51 เป็นข้อมูลอนุกรมแบบดิจิตอล 8 บิต
- ขา Txd ของ IC เบอร์ 89C51 เป็นข้อมูลอนุกรมแบบดิจิตอล 8 บิต
- ขา RE ของ IC เบอร์ SN75176 มีค่าลอจิก 0 เมื่อทำหน้าที่รับข้อมูล
- ขา DE ของ IC เบอร์ SN75176 มีค่าลอจิก 1 เมื่อทำหน้าที่ส่งข้อมูล
- ขา Q0 – Q7 ของ IC เบอร์ 74LS259/1 มีค่าลอจิก 1 ทำให้ LED ติดและ
ค่าลอจิก 0 ทำให้ LED ดับ
- ขา Q0 – Q7 ของ IC เบอร์ 74LS259/2 ”
- ขา Q0 – Q7 ของ IC เบอร์ 74LS259/3 ”
- ขา Q0 – Q7 ของ IC เบอร์ 74LS259/4 ”
- ขา P1.0 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึง LED#1 ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา P1.1 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึง LED#2 มีค่าลอจิก 1 ทำให้LED ติด
และค่าลอจิก 0 ทำให้LED ดับ
- ขา P1.2 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึงLED#3 ”
- ขา P1.3 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึง LED ON ”
- ขา P1.4 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึง LED OFF ”
- ขา P1.5 ของ IC เบอร์ 89C51 แสดงถึง LED BUSY ”

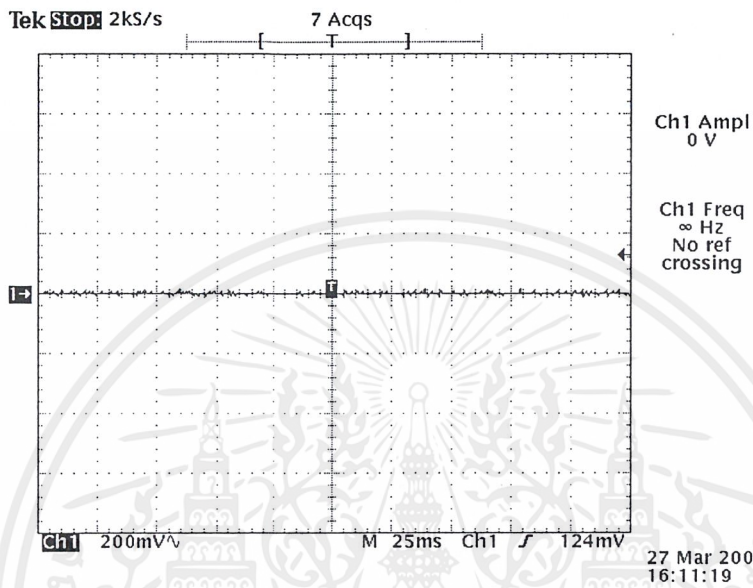
2) วงจรชุดกล่องสวิตซ์ ซึ่ง แสดงได้จากตารางที่ 6.7 และ 6.8

- ขา RxD ของ IC เบอร์ 89C51 เป็นข้อมูลอนุกรมแบบดิจิทัล 8 บิต
- ขา TxD ของ IC เบอร์ 89C51 เป็นข้อมูลอนุกรมแบบดิจิทัล 8 บิต
- ขา RE ของ IC เบอร์ SN75176 มีค่าลอจิก 0 เมื่อทำหน้าที่รับข้อมูล
- ขา DE ของ IC เบอร์ SN75176 มีค่าลอจิก 1 เมื่อทำหน้าที่ส่งข้อมูล
- ขา P1.7 – P1.3 ของ IC เบอร์ 89C51 มีค่าลอจิก 1 คือทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
และ ลอจิก 0 คือการทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับที่ 1 – 5 เรียงตามลำดับ
- ขา P1.2 , P1.1 , P1.0 , P0.0 และ P0.1 ของ IC เบอร์ 89C51 มีค่าลอจิก 1 คือ
ทำงานเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และ ลอจิก 0 คือการทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับ
ที่ 6 – 10 เรียงตามลำดับ
- ขาเอาต์พุตของ Inverter 1/1 , 2/1 , 3/1 , 4/1 และ 5/1 มีค่าลอจิก 0 คือทำงาน
เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และ ลอจิก 1 คือการทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับที่ 1 – 5
เรียงตามลำดับ
- ขาเอาต์พุตของ Inverter 1/2 , 2/2 , 3/2 , 4/2 และ 5/2 มีค่าลอจิก 0 คือทำงาน
เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และลอจิก 1 คือการทำงานปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ลำดับที่ 6 – 10
เรียงตามลำดับ

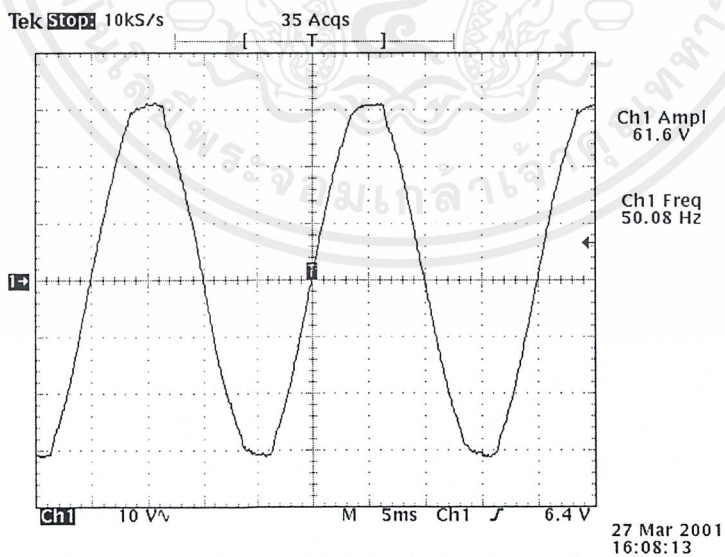
ตารางที่ 6.7 ค่าสถานะของวงจรชุดกลองสวิดติ่ง กรณีการเปิด(ON)

ปุ่มที่กด	RE	RXD	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	พอร์ตเอาต์พุตของ Inverter 1					P1.2	P1.1	P1.0	P0.0	P0.1	พอร์ตเอาต์พุตของ Inverter 2					DE	TXD	
								1/1	2/1	3/1	4/1	5/1						1/1	2/1	3/1	4/1	5/1			
#1	0	0000 1100	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0000 1100
#2	0	0000 1101	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0000 1101
#3	0	0000 1110	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0000 1110
A	0	0000 1010	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0000 1010
ON	0	0000 1111	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0000 1111
1	0	0000 0000	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1111 0000
2	0	0000 0001	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1111 0001
3	0	0000 0010	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1111 0010
4	0	0000 0011	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1111 0011
5	0	0000 0100	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1111 0100
6	0	0000 0101	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1111 0101
7	0	0000 0110	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1111 0110
8	0	0000 0111	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1111 0111
9	0	0000 1000	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1111 1000
10	0	0000 1001	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1111 1001

6.1.4.2 การแสดงผลโดยรูปภาพลักษณะสัญญาณไฟฟ้า โดยวัดสัญญาณที่ตำแหน่งการทำงานส่วนต่างๆของวงจร อ้างอิงจากรูปที่ 5.6 ซึ่งตำแหน่งของวงจรที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน จะมีลักษณะสัญญาณที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงแสดงผลลักษณะสัญญาณในจำนวน 1 ภาพ ต่อ 1 ตำแหน่งการทำงาน ดังนี้

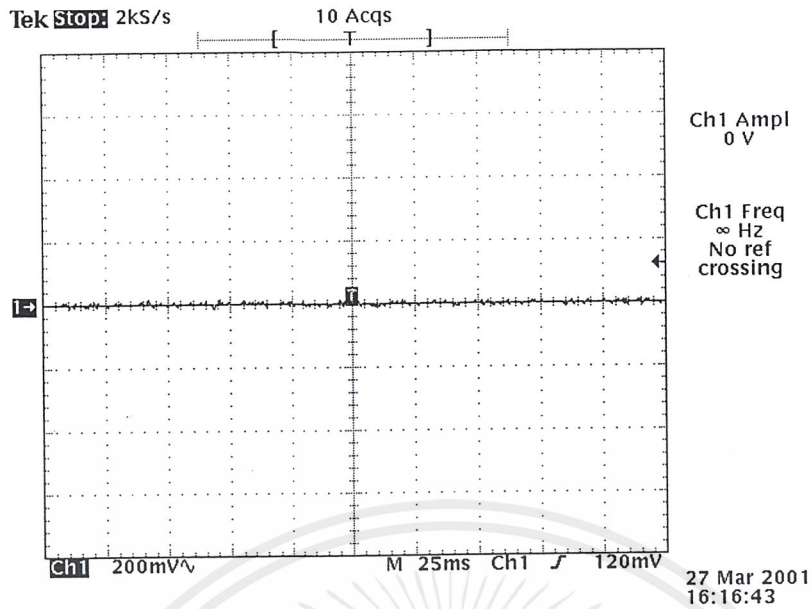


รูปที่ 6.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิทช์กรณี่หลอดไฟปิด (0 Vpp)

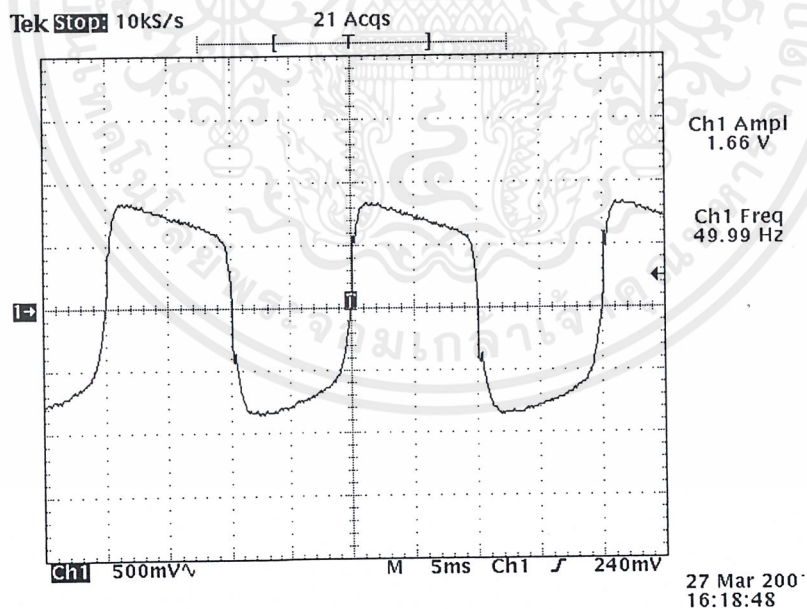


รูปที่ 6.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิทช์กรณี่หลอดไฟเปิด (61.6 x 10 Vpp , 50.08 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

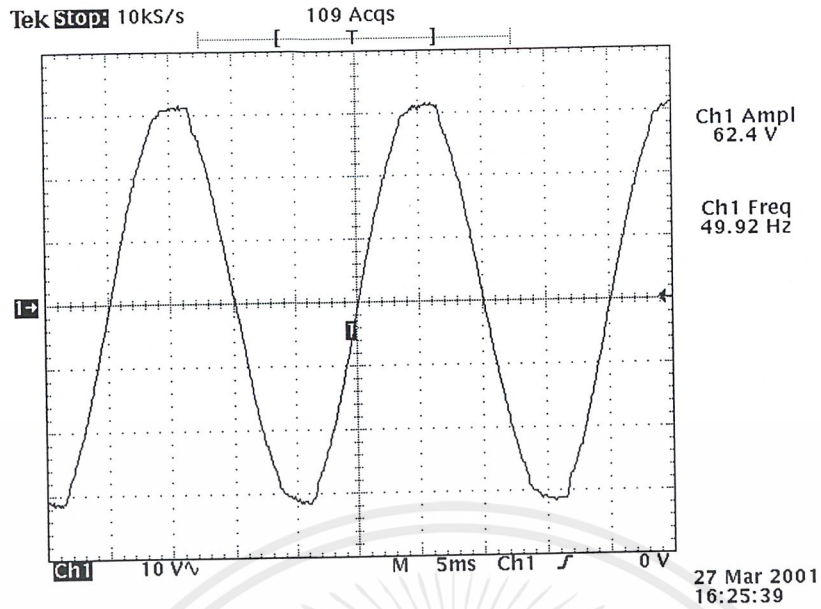


รูปที่ 6.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตเทียบกับขา MT1 ของไทรแอด กรณีหลอดไฟปิด (0 Vpp)

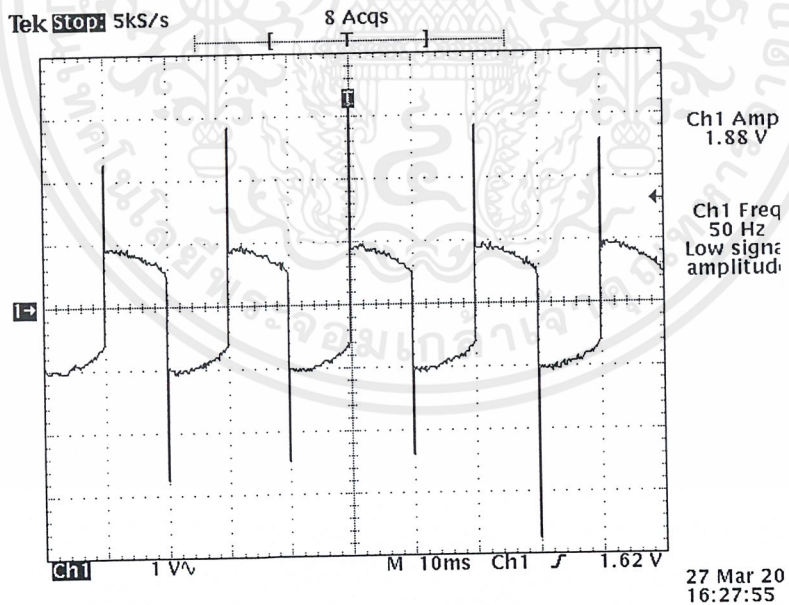


รูปที่ 6.5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตเทียบกับขา MT1 ของไทรแอด กรณีหลอดไฟเปิด (1.66 Vpp , 49.99 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

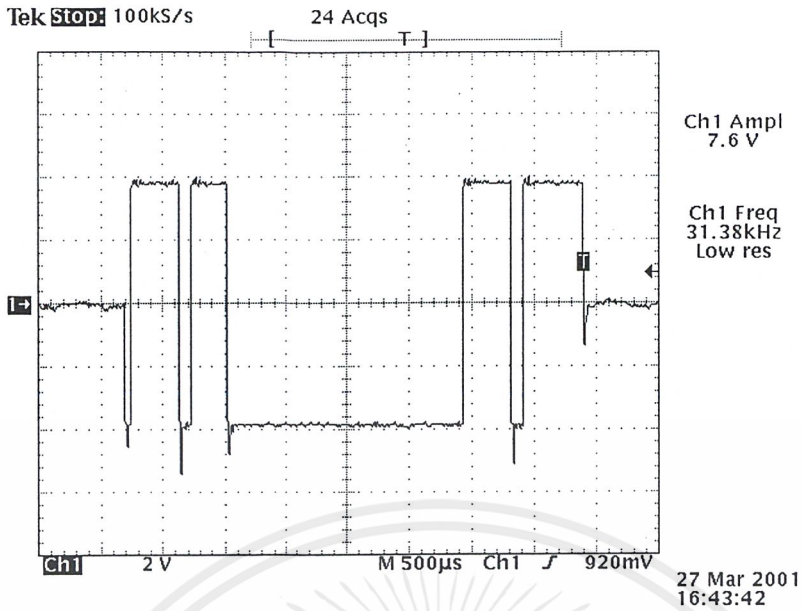


รูปที่ 6.6 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขา MT2 เทียบกับขา MT1 ของไดรแอด กรณีหลอดไฟปิด
($62.4 \times 10 \text{ Vpp}$, 49.92 Hz)

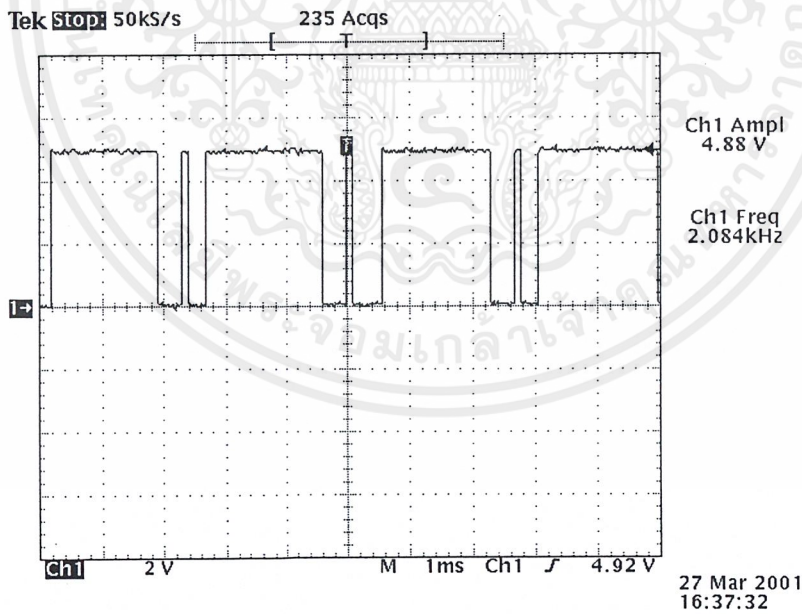


รูปที่ 6.7 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขา MT2 เทียบกับขา MT1 ของไดรแอด กรณีหลอดไฟเปิด
(1.88 Vpp , 50 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 สัญญาณข้อมูลการสื่อสารของ HPPBX Bus (7.6 Vpp , 31.38 kHz)



รูปที่ 6.9 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 ที่ขา TXD และ RXD (4.88 Vpp , 2.084 kHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การเปรียบเทียบเรื่องปริมาณของการเดินสายไฟในระบบ HPPBX กับระบบปกติ

ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเรื่องปริมาณของการเดินสายไฟของระบบ HPPBX กับระบบปกติที่มีการใช้งานภายในบ้าน โดยทั่วไปนั้นมีการศึกษา 2 แบบดังนี้

1. การวิเคราะห์จากแบบจำลองของบ้าน
2. การเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลของการเดินสายไฟของทั้ง 2 ระบบ

6.2.1 การวิเคราะห์จากแบบบ้านจำลอง

โดยการทำการเปรียบเทียบเรื่องปริมาณการเดินสายไฟ(220 V) ของระบบ HPPBX เปรียบเทียบกับระบบปกติที่มีการใช้งานกันทั่วไป เพื่อศึกษาผลของความยาวของสายไฟที่ต้องใช้ ซึ่งจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และเพื่อศึกษาลักษณะการติดตั้งเพื่อใช้งานจริงภายในบ้านของระบบ HPPBX ดังนี้

6.2.1 วิธีการวิเคราะห์โดยการสร้างแบบจำลองของบ้าน

โดยการสร้างแบบจำลองของบ้านด้วยโปรแกรม Visio ในลักษณะรูปภาพ ประกอบด้วยลักษณะของบ้านประกอบด้วยห้องต่างๆ และติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้งานในตำแหน่งต่างๆ ซึ่งเลือกเป็นหลอดไฟ ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดตะเกียบ จำนวน 19 หลอด แล้วทำการจำลองการเดินสายไฟให้ทั่วถึงกับหลอดไฟทั้งหมด แล้วทำการวัดความยาวในโปรแกรม Visio โดยอ้างอิงหน่วยระยะทางเป็น เซนติเมตร(cm) ซึ่งแบบจำลองของบ้านและการเดินสายไฟ แสดงดังรูปที่ 6.2 และ 6.3

- ข้อกำหนดในการสร้างแบบจำลอง

- 1) แบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบ HPPBX ประกอบด้วยชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งจำนวน 4 ชุด , ชุดคีย์บอร์ดควบคุมจำนวน 10 ชุด และแหล่งจ่ายไฟ(HPPBX Power Supply) จำนวน 1 ชุด โดยควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟจำนวน 19 หลอด โดย 1 พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งควบคุมหลอดไฟ 1 หลอด แสดงลักษณะดังรูปที่ 6.2
- 2) แบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบปกติ ประกอบด้วยอุปกรณ์สวิตซ์แบบ 1 ทาง (1-way switch) จำนวน 19 ชุด ควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟจำนวน 19 หลอด โดย 1 สวิตซ์ควบคุมหลอดไฟ 1 หลอด และลักษณะการเดินสายไฟเป็นแบบไม่มีกล่องกระจายสาย (Distribution Box) ซึ่งใช้วิธีการเชื่อมสายและกระจายสายในตัวอุปกรณ์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้บ้านมีลักษณะเป็นบ้าน 1 ชั้น เดินสายไฟบนเพดาน โดยกำหนดให้เพดานสูงจากพื้น เป็นระยะ 3 cm บานกว้าง 16 cm และยาว 24 cm และชุดคีย์บอร์ดควบคุมหรืออุปกรณ์สวิตซ์ติดตั้งต่ำจากเพดานเป็นระยะ 2 cm

- ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสายไฟที่ต้องการใช้ในการติดตั้งทั้ง 2 แบบ

-ระบบ HPPBX

- ใช้ปริมาณสายไฟ(220 V) ความยาว 119 cm

- ใช้ปริมาณสาย HPPBX Bus ความยาว 88 cm

-ระบบปกติ

- ใช้ปริมาณสายไฟ(220 V) ความยาว 216 cm

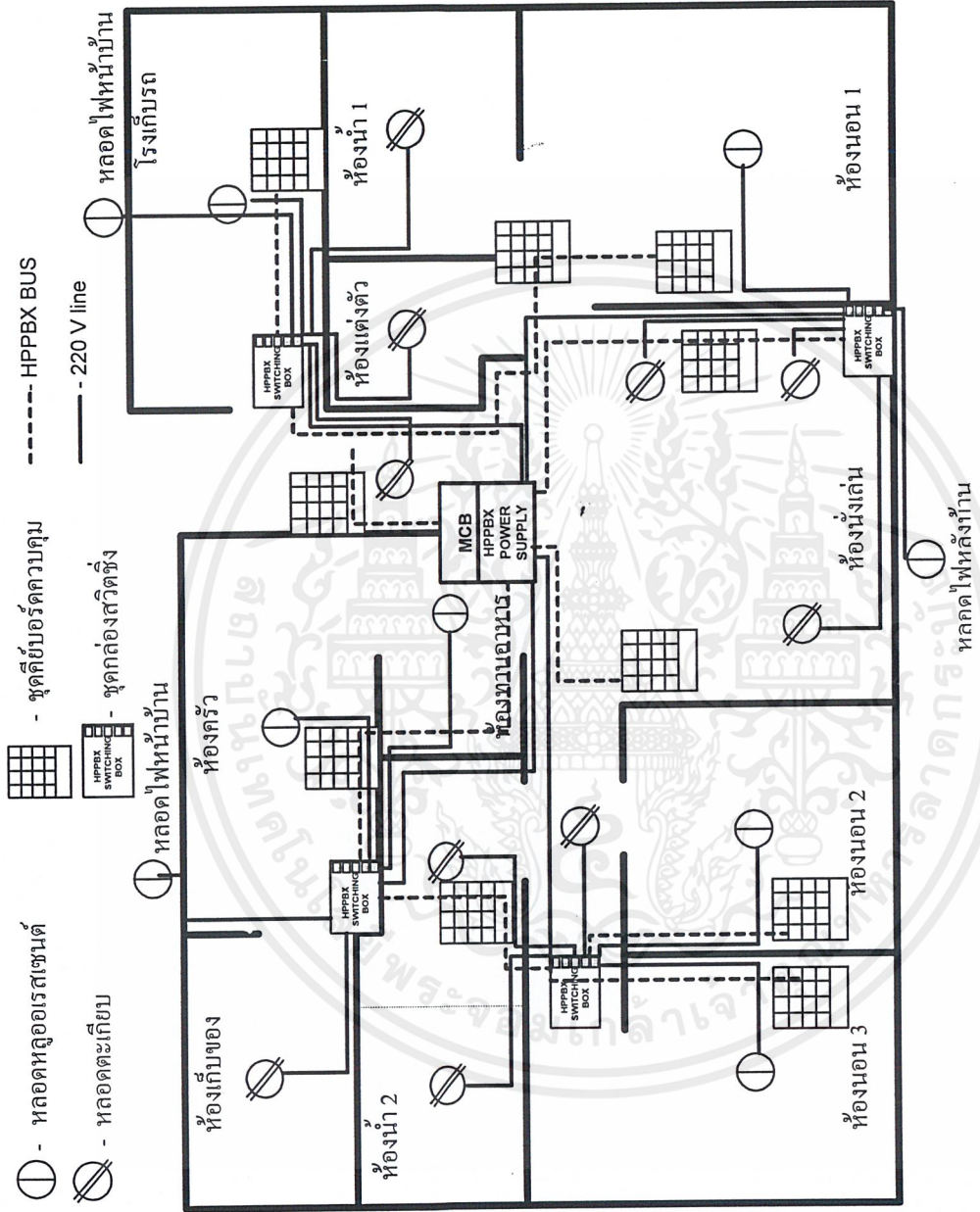
- อัตราส่วนความยาวสายไฟที่ต้องการใช้ในระบบHPPBX ต่อ ระบบปกติ เท่ากับ

$$\text{ระบบHPPBX} : \text{ระบบปกติ} = 1 : 1.8$$

- อัตราส่วนความยาวสายไฟ(220 V) ต่อ ความยาวสาย HPPBX Bus

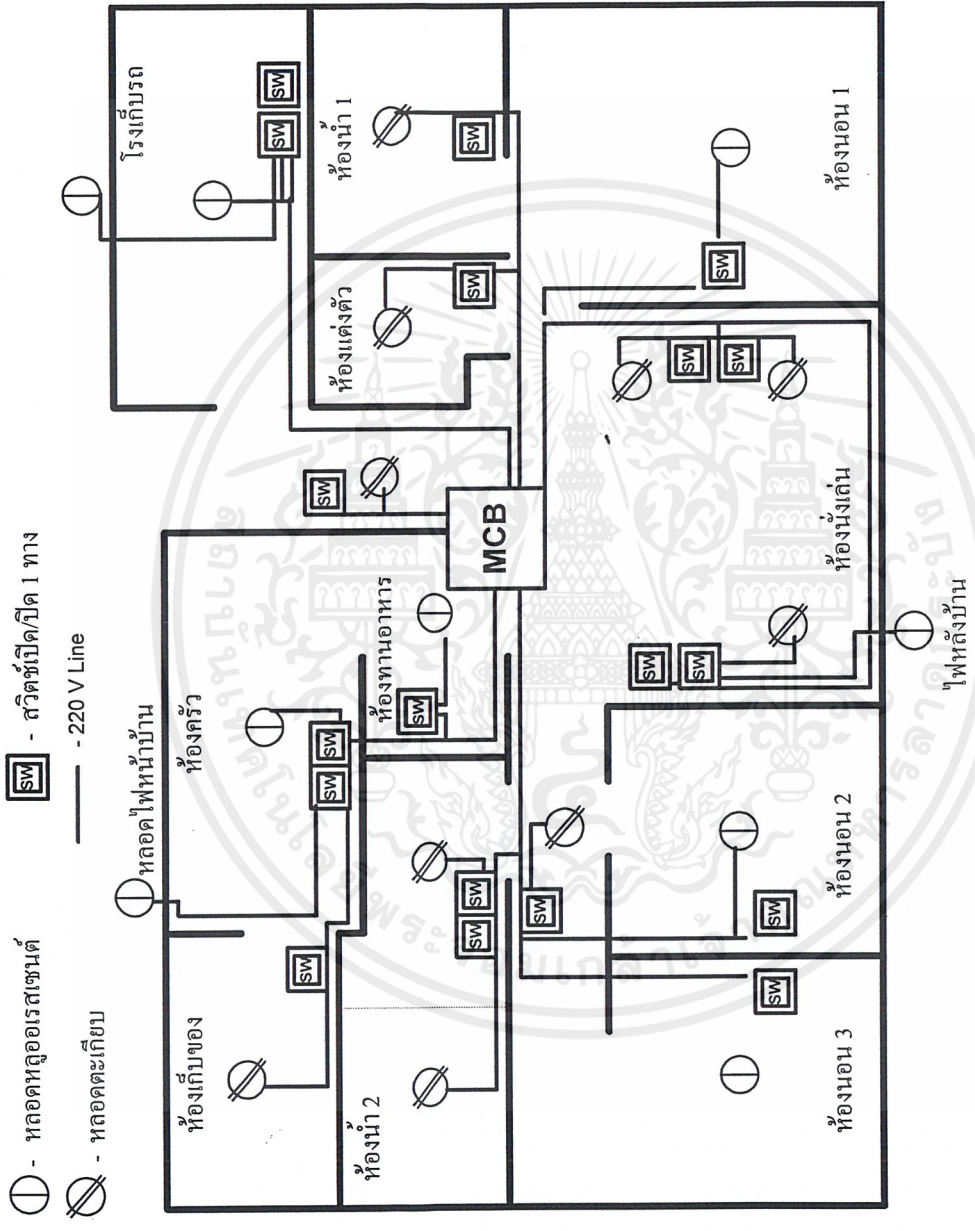
ที่ต้องการใช้ในระบบ HPPBX เท่ากับ สายไฟ : HPPBX Bus = $1 : 0.74 = 10 : 7.4$

การสร้างแบบจำลองของบ้านและจำลองการเดินสายไฟของการติดตั้งระบบการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ นั้นทำให้ทราบค่าความแตกต่างของปริมาณความยาวสายไฟที่ใช้ไปในการติดตั้งระหว่างทั้ง 2 ระบบ และทำให้ทราบถึงลักษณะการติดตั้งและการเดินสายไฟ เมื่อนำระบบHPPBX ไปใช้งานจริงภายในบ้าน แต่การใช้งานจริงต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของบ้านและการติดตั้งของช่างเทคนิค ซึ่งจะทำให้แตกต่างกันในบ้านแต่ละหลัง



รูปที่ 6.10 รูปแบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบ HPPBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 รูปแบบจำลองของบ้านที่ติดตั้งระบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

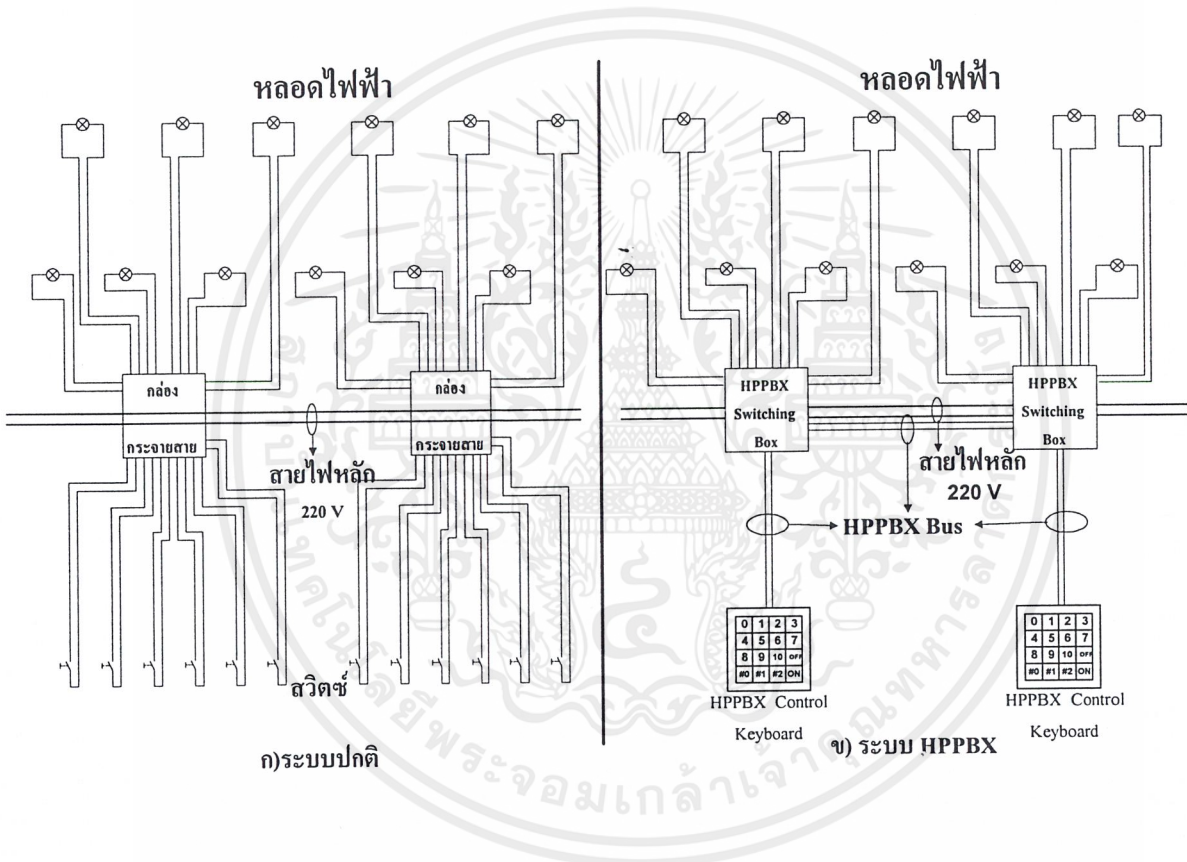
6.2.2 การเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลของการเดินสายไฟของทั้ง 2 ระบบ

ตารางที่ 6.9 เปรียบเทียบผลการใช้งานระบบ HPPBX กับระบบปกติ

ระบบการเดินสายไฟแบบปกติ	ระบบการเดินสายไฟของระบบ HPPBX
1. จำนวนเส้นของสายไฟแปรตามจำนวนของสวิทช์ที่ใช้	1. ชุดคีย์บอร์ดควบคุม 1 ชุดสามารถควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้าได้ทุกหลอดที่ต่อกับระบบ HPPBX โดยมีสาย HPPBX Bus 1 คู่สายเพื่อส่งสัญญาณควบคุมจาก ชุดคีย์บอร์ดควบคุม กับ ชุดกล่องสวิทช์
2. จำนวนของสวิทช์แปรตามจำนวนของหลอดไฟฟ้าและตำแหน่งการติดตั้ง	2. ชุดกล่องสวิทช์ทุกชุดต้องมีสาย HPPBX Bus ต่อเชื่อมถึงกัน 1 คู่สายในระบบ
3. ใช้สายไฟขนาดใหญ่ชนิดทนกระแสสูง	3. HPPBX Bus ใช้สายตัวนำสัญญาณขนาดเล็กชนิดทนกระแสได้ต่ำ
4. การเดินสายของหลอดไฟ 1 หลอดหรือ 1 ชุด ต้องมีการเดินสายไฟจากกล่องกระจายสายไฟไปยังหลอดไฟ 1 คู่สายและจากกล่องกระจายสายไฟไปยังสวิทช์ 1 คู่สาย	4. การเดินสายไฟของหลอดไฟ 1 หลอด หรือ 1 ชุด ต้องมีการเดินสายไฟจากชุดกล่องสวิทช์ซึ่งไปยังหลอดไฟได้ทันทีทำให้ติดตั้งสะดวกและประหยัดปริมาณสายไฟ
5. เมื่อต้องการควบคุมการเปิดหรือปิดหลอดไฟฟ้าสามารถทำได้เฉพาะสวิทช์ที่มีการติดตั้งตามตำแหน่งของหลอดไฟหลอดนั้นและกระจายตามจุดต่างๆภายในภาพตามการใช้งาน	5. เมื่อต้องการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟฟ้าสามารถเลือกควบคุมหลอดไฟได้ทุกหลอดจากชุดคีย์บอร์ดควบคุม และแต่ละชุดสามารถติดตั้งไว้ตามตำแหน่งต่างๆภายในบ้านได้ตามความต้องการในการใช้งาน
6. เมื่อต้องการปิดหลอดไฟฟ้าทุกหลอด ก่อนออกจากบ้านต้องไปปิดที่สวิทช์ตามตำแหน่งต่างของหลอดไฟ	6. สามารถสั่งปิดหลอดไฟฟ้าได้ทุกหลอดจากโปรแกรมการปิดอัตโนมัติ ของระบบ HPPBX โดยสั่งงานจาก ชุดคีย์บอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>7. ถ้าต้องการเปิดหลอดไฟฟ้าในหลอดที่จำเป็นในครั้งแรกที่เข้าบ้านต้องไล่เปิดที่สวิตช์ตามตำแหน่งต่างๆของหลอดไฟ</p>	<p>7. สามารถสั่งเปิดหลอดไฟฟ้าในหลอดที่จำเป็นได้ในครั้งแรกที่เข้ามาในบ้านจากโปรแกรมการเปิดอัตโนมัติ ของระบบ HPPBX โดยสั่งงานจาก ชุดคีย์บอร์ดควบคุม</p>
<p>8. สายไฟที่ต่อมายังสวิตช์ เป็นสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ สามารถเปิดปัญหาไฟฟ้ารั่วแก่ผู้ใช้งานได้</p>	<p>8. สายส่งสัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ ไม่เป็นอันตราย</p>



รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบการเดินสายไฟของระบบปกติกับระบบHPPBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง คุณสมบัติของระบบ และ แนวทางการพัฒนา

7.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบสำหรับการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบ HPPBX สามารถทำงานได้ตรงตามคุณสมบัติที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะแสดงคุณสมบัติของระบบ ที่สามารถทำงานได้ในหัวข้อ 7.2 และระบบ HPPBX สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานมีความสะดวก และความปลอดภัยมากขึ้นในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และเมื่อเปรียบเทียบเรื่องปริมาณความยาวสายไฟที่ต้องการในการเดินสายไฟในระบบปกติที่ใช้งานกันทั่วไปกับระบบ HPPBX แล้วสรุปว่าระบบ HPPBX สามารถลดปริมาณของสายไฟในการเดินสายไฟ ลดความซับซ้อนของปริมาณสายไฟภายในบ้าน และระบบ HPPBX มีความยืดหยุ่นในการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมได้มากกว่าและเป็นระบบต้นแบบที่สามารถพัฒนาเพิ่มการทำงานของระบบได้ในอนาคต

การเปรียบเทียบเรื่องปริมาณความยาวสายไฟที่ต้องการในการเดินสายไฟ ระหว่างระบบ HPPBX และ ระบบปกติ จากแบบจำลองของบ้าน สรุปได้ดังนี้

- ปริมาณของสายไฟ(220 V) ที่ต้องการใช้ในระบบ HPPBX มีค่าน้อยกว่า ที่ต้องการใช้ใน ระบบ ปกติ
- เมื่อรวมปริมาณความยาว สายไฟ และ สาย HPPBX Bus ที่ใช้ในระบบ HPPBX เปรียบเทียบกับปริมาณสายไฟในระบบปกติแล้ว มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในแง่การใช้งาน ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ HPPBX มีการใช้งานได้หลากหลายการทำงาน มากกว่า ทำให้ผู้ใช้ได้รับประโยชน์มากกว่า ในค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกัน

7.2 คุณสมบัติของระบบ HPPBX (HPPBX Specification)

1. ระบบ HPPBX 1 ระบบ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 30 อุปกรณ์
2. ระบบ HPPBX ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วนได้แก่
 - ชุดคีย์บอร์ดควบคุม (HPPBX Control Keyboard)
 - ชุดกล่องสวิตชิง (HPPBX Switching Box)
3. การสื่อสารในระบบ HPPBX ใช้โปรโตคอลการสื่อสารแบบเฉพาะของระบบ HPPBX
4. ระบบ HPPBX สามารถนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใช้งานภายในบ้าน และสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดกระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส กระแสไฟฟ้าสูงสุด 4 A

5. การสื่อสารผ่านสาย HPPBX Bus สามารถใช้สายโทรศัพท์หรือสายทวิสแพร์ (Twist Pair) ขนาด 2 คู่สาย (4 x 0.2 mm) 24 AWG ได้ในความยาวครอบคลุมพื้นที่การใช้งานภายในบ้าน
6. การทำงานของอุปกรณ์ของระบบใช้แหล่งจ่ายไฟ(Power Supply) 1 ชุด ขนาด 12 VDC,7 A
7. การทำงานในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วย 3 แบบ ได้แก่
 - การควบคุมเปิดปิดโดยการเลือกกดปุ่มคีย์บอร์ดได้อย่างอิสระ ได้สูงสุด 30 อุปกรณ์
 - การทำงานควบคุมการเปิดอัตโนมัติ สามารถควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตำแหน่ง อุปกรณ์โดยการกดปุ่ม ON แล้วตามด้วยปุ่ม A
 - การทำงานควบคุมการปิดอัตโนมัติ สามารถควบคุมการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตำแหน่ง อุปกรณ์โดยการกดปุ่ม OFF แล้วตามด้วยปุ่ม A
8. มีการแสดงผลสถานะการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆด้วยหลอด LED ที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุม โดยการแสดงผลเปลี่ยนแปลงตามค่าสถานะปัจจุบันและเหมือนกันทุกชุดคีย์บอร์ดควบคุม
9. ระบบ HPPBX 1 ระบบสามารถกำหนดเลือกใช้งานจำนวนของชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งได้ไม่เกิน 6 ชุด
10. ชุดคีย์บอร์ดควบคุม 1 ชุดสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกตำแหน่งอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบ HPPBX และสามารถติดตั้งเพื่อใช้งานได้เพิ่มเติมได้ตลอดเวลาในจำนวนสูงสุด 26 ชุด
11. ชุดกล่องสวิตซ์ 1 ชุดสามารถเลือกกำหนดให้ทำงานได้ทุกตำแหน่งแถบ (Mode การทำงาน)
12. การติดตั้งระบบ HPPBX เพื่อการใช้งานจริงสามารถติดตั้งโดยช่างเทคนิคของระบบ HPPBX (HPPBX Technical)

7.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ HPPBX

1. พัฒนาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยวิธีการอื่นได้แก่
 - การควบคุมผ่าน Internet
 - การควบคุมผ่าน โทรศัพท์
 - การควบคุมโดยใช้ชุดตั้งเวลาการเปิดปิด (Timer Switch)
 - การควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - การควบคุมแบบไร้สายโดยใช้รังสีอินฟราเรด
 - การควบคุมการโทรศัพท์ออกไปยังเลขหมายปลายทางอัตโนมัติ เช่น การโทรศัพท์ไปสถานีตำรวจ หรือ สถานีดับเพลิง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัฒนาวงจรของชุดกล่องสวิตซ์ในส่วนวงจร โซลิตเสดทสวิตซ์ไปเป็น วงจรแบบแมกเนติกสวิตซ์ เช่น รีเลย์ เพื่อสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่ใช้กระแสไฟสูงได้ เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น หรือมันไฟฟ้า เป็นต้น
3. พัฒนาระบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากกว่า 30 อุปกรณ์
4. ศึกษาเรื่องความยาวของสาย HPPBX Bus สูงสุดที่ระบบจะสามารถทำงานได้
5. ศึกษาเรื่องการรวมสัญญาณข้อมูล(data signal) เข้ากับไฟเลี้ยงวงจร เพื่อลดจำนวนของสาย HPPBX Bus ให้เหลือ 1 คู่สาย (2 x 0.8 mm) เพื่อลดค่าใช้จ่ายของ HPPBX Bus
6. พัฒนาให้ระบบ HPPBX สามารถนำไปใช้กับอาคาร (Building) และสำนักงาน (Office) ได้
7. พัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ต่อไป

7.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบ HPPBX

1. การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทำได้สะดวก โดยผู้ใช้สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกตำแหน่งอุปกรณ์ภายในบ้านจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด เช่น
 - การตื่นนอนตอนเช้าหรือก่อนเข้านอน ไม่ต้องไล่ปิดสวิตซ์ที่ละจุดเพราะสามารถกดเลือกจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมในห้องนอนได้เลย
 - กรณีอยู่ชั้นบนของบ้านต้องการเปิดหรือปิดหลอดไฟที่ชั้นล่างสามารถกดเลือกจากชุดคีย์บอร์ด ได้เลยไม่ต้องเดินไล่ปิดทีละจุด
 - เมื่อทำธุระในห้องครัวเสร็จแล้วถ้าลืมปิดไฟหรือเครื่องดูดอากาศสามารถกดเลือกได้จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมทุกชุด โดยไม่ต้องเดินกลับเข้ามาปิดในห้องครัวอีกครั้ง
- เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปกติ ถ้าต้องการให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับระบบ HPPBX สามารถทำได้โดยการติดตั้งจำนวนสวิตซ์เพิ่มซึ่งการติดตั้งเพิ่มในแต่ละครั้งจะมีเรื่องปริมาณความยาวของสายไฟที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากและปริมาณของสวิตซ์ที่ติดตั้งทำได้จำนวนจำกัด เนื่องจากความซับซ้อนของสายไฟที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านและการติดตั้งสวิตซ์แต่ละครั้งต้องเจาะกำแพงซึ่งทำได้ไม่สะดวก แต่สำหรับระบบ HPPBX นั้นได้เดินสาย HPPBX Bus เชื่อมต่อกันของทุกอุปกรณ์ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบทุกอุปกรณ์ และเมื่อมีความต้องการติดตั้งชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพิ่มเติมสามารถทำได้โดยง่ายเพราะไม่ต้องเจาะกำแพงเพิ่ม สาย HPPBX Bus เป็นสายขนาดเล็กกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำไม่เป็นอันตราย

2. สามารถป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้จากการใช้งานชุดคีย์บอร์ดควบคุมเนื่องจากเป็นกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์
3. กรณีการออกไปทำงานนอกบ้าน สามารถควบคุมการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกอุปกรณ์ได้อย่างสะดวกเพียงการกดปุ่ม 2 ปุ่ม จากชุดคีย์บอร์ดควบคุม โดยไม่ต้องไล่ปิดทีละจุดภายในบ้าน
4. กรณีครั้งแรกที่กลับเข้ามาในบ้าน สามารถเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ หรือเครื่องปรับอากาศได้โดยสะดวกจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมที่หน้าประตูโดยโดยไม่ต้องไล่เปิดทีละจุด
5. ระบบ HPPBX ได้ออกแบบสร้างระบบการสื่อสารและการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครอบคลุมทุกอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วบริเวณบ้าน ดังนั้นระบบที่สนับสนุนต่อการพัฒนาการควบคุมด้วยการสื่อสารหรือเซนเซอร์ตรวจจับแบบอื่นๆสามารถพัฒนาเข้ามาใช้งานร่วมได้โดยง่าย เพียงการใช้โปรโตคอลที่ตรงกับ ของระบบ HPPBX



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS259

8-Bit Addressable Latch

The SN74LS259 is a high-speed 8-Bit Addressable Latch designed for general purpose storage applications in digital systems. It is a multifunctional device capable of storing single line data in eight addressable latches, and also a 1-of-8 decoder and demultiplexer with active HIGH outputs. The device also incorporates an active LOW common Clear for resetting all latches, as well as, an active LOW Enable.

- Serial-to-Parallel Conversion
- Eight Bits of Storage With Output of Each Bit Available
- Random (Addressable) Data Entry
- Active High Demultiplexing or Decoding Capability
- Easily Expandable
- Common Clear

GUARANTEED OPERATING RANGES

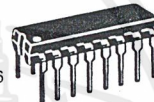
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I _{OH}	Output Current – High			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

ON Semiconductor

Factory of Motorola

<http://onsemi.com>

**LOW
POWER
SCHOTTKY**



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 648



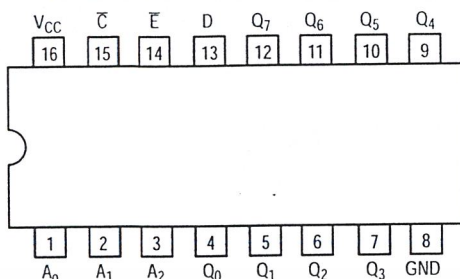
SOIC
D SUFFIX
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS259N	16 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS259D	16 Pin	2500/Tape & Reel

SN74LS259

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



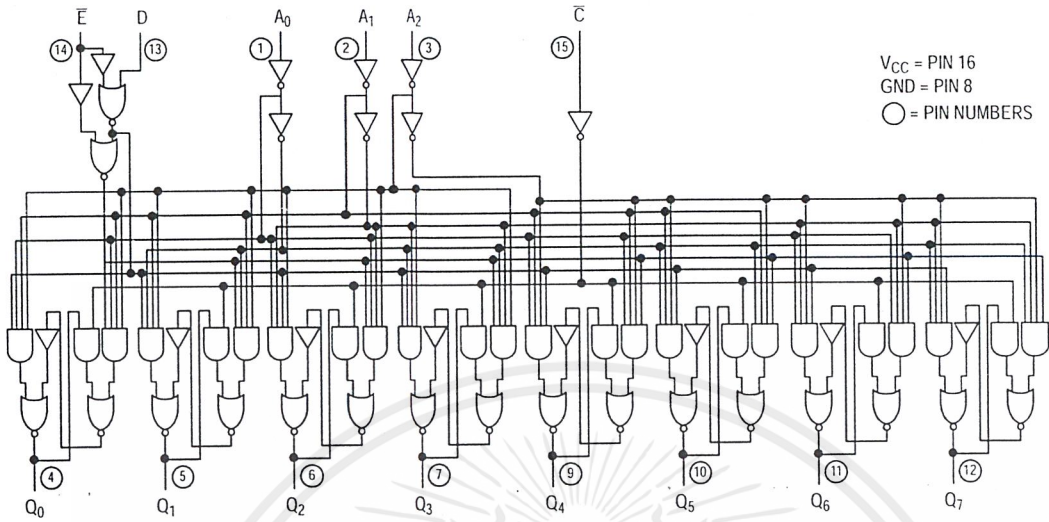
PIN NAMES	LOADING (Note a)	
	HIGH	LOW
A ₀ , A ₁ , A ₂	0.5 U.L.	0.25 U.L.
D	0.5 U.L.	0.25 U.L.
E̅	1.0 U.L.	0.5 U.L.
C̅	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q ₀ - Q ₇	10 U.L.	5 U.L.

NOTES:

a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μ A HIGH/1.6 mA LOW.

SN74LS259

LOGIC DIAGRAM



V_{CC} = PIN 16
 GND = PIN 8
 ○ = PIN NUMBERS

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The SN74LS259 has four modes of operation as shown in the mode selection table. In the addressable latch mode, data on the Data line (D) is written into the addressed latch. The addressed latch will follow the data input with all non-addressed latches remaining in their previous states. In the memory mode, all latches remain in their previous state and are unaffected by the Data or Address inputs.

In the one-of-eight decoding or demultiplexing mode, the addressed output will follow the state of the D input with all

other inputs in the LOW state. In the clear mode all outputs are LOW and unaffected by the address and data inputs.

When operating the SN74LS259 as an addressable latch, changing more than one bit of the address could impose a transient wrong address. Therefore, this should only be done while in the memory mode.

The truth table below summarizes the operations.

MODE SELECTION

TRUTH TABLE

\bar{E}	\bar{C}	MODE
L	H	Addressable Latch
H	H	Memory
L	L	Active HIGH Eight-Channel Demultiplexer
H	L	Clear

PRESENT OUTPUT STATES

\bar{C}	\bar{E}	D	A ₀	A ₁	A ₂	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	MODE
L	H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	Clear Demultiplex
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	Memory
L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
L	L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	
H	H	X	X	X	X	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Memory
H	L	L	L	L	L	L	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
H	L	H	L	L	L	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
H	L	L	H	L	L	Q _{N-1}	L	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
H	L	H	H	L	L	Q _{N-1}	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	
H	L	L	H	H	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Addressable Latch
H	L	H	H	H	H	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	Q _{N-1}	

X = Don't Care Condition
 L = LOW Voltage Level
 H = HIGH Voltage Level
 Q_{N-1} = Previous Output State

SN74LS259

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
V _{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA V _{CC} = V _{CC} MIN, V _{IN} = V _{IL} or V _{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current			36	mA	V _{CC} = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

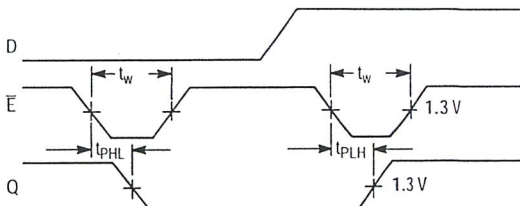
Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Enable to Output		22	35	ns	C _L = 15 pF
t _{PHL}	Turn-On Delay, Enable to Output		15	24	ns	
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Data to Output		20	32	ns	
t _{PHL}	Turn-On Delay, Data to Output		13	21	ns	
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Address to Output		24	38	ns	
t _{PHL}	Turn-On Delay, Address to Output		18	29	ns	
t _{PHL}	Turn-On Delay, Clear to Output		17	27	ns	

AC SET-UP REQUIREMENTS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits			Unit
		Min	Typ	Max	
t _s	Input Setup Time		20		ns
t _w	Pulse Width, Clear or Enable		15		ns
t _h	Hold Time, Data		5.0		ns
t _h	Hold Time, Address		20		ns

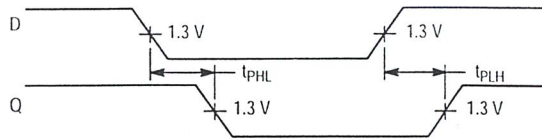
SN74LS259

AC WAVEFORMS



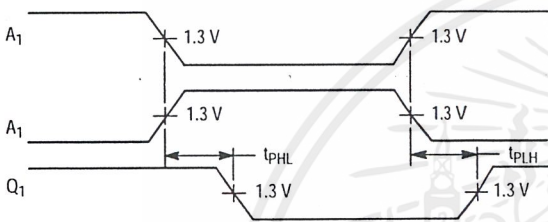
OTHER CONDITIONS: $\bar{C} = H, A = \text{STABLE}$

Figure 1. Turn-on and Turn-off Delays, Enable To Output and Enable Pulse Width



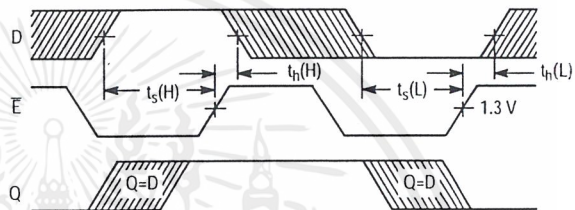
OTHER CONDITIONS: $\bar{E} = L, \bar{C} = H, A = \text{STABLE}$

Figure 2. Turn-on and Turn-off Delays, Data to Output



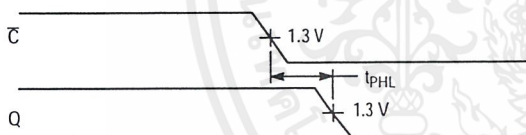
OTHER CONDITIONS: $\bar{E} = L, \bar{C} = L, D = H$

Figure 3. Turn-on and Turn-off Delays, Address to Output



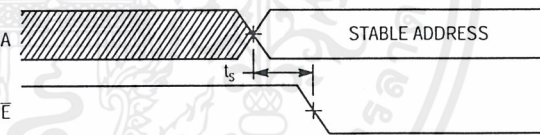
OTHER CONDITIONS: $\bar{C} = H, A = \text{STABLE}$

Figure 4. Setup and Hold Time, Data to Enable



OTHER CONDITIONS: $\bar{E} = H$

Figure 5. Turn-on Delay, Clear to Output



OTHER CONDITIONS: $\bar{C} = H$

Figure 6. Setup Time, Address to Enable (See Notes 1 and 2)

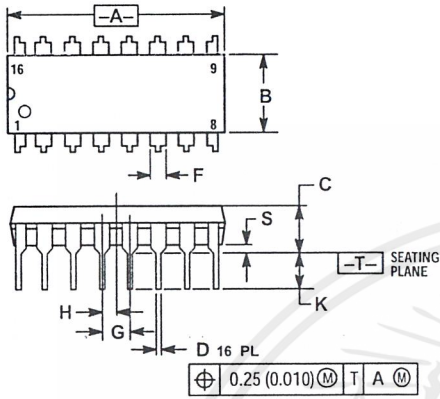
NOTES:

1. The Address to Enable Setup Time is the time before the HIGH-to-LOW Enable transition that the Address must be stable so that the correct latch is addressed and the other latches are not affected.
2. The shaded areas indicate when the inputs are permitted to change for predictable output performance.

SN74LS259

PACKAGE DIMENSIONS

N SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 648-08
 ISSUE R



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

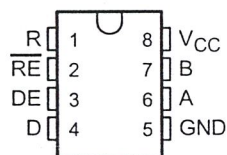
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

- Bidirectional Transceiver
- Meets or Exceeds the Requirements of ANSI Standards EIA/TIA-422-B and ITU Recommendation V.11
- Designed for Multipoint Transmission on Long Bus Lines in Noisy Environments
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Individual Driver and Receiver Enables
- Wide Positive and Negative Input/Output Bus Voltage Ranges
- Driver Output Capability . . . ± 60 mA Max
- Thermal-Shutdown Protection
- Driver Positive- and Negative-Current Limiting
- Receiver Input Impedance . . . 12 k Ω Min
- Receiver Input Sensitivity . . . ± 200 mV
- Receiver Input Hysteresis . . . 50 mV Typ
- Operates From Single 5-V Supply
- Low Power Requirements

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



description

The SN75176A differential bus transceiver is a monolithic integrated circuit designed for bidirectional data communication on multipoint bus-transmission lines. It is designed for balanced transmission lines and meets ANSI Standard EIA/TIA-422-B and ITU Recommendation V.11.

The SN75176A combines a 3-state differential line driver and a differential input line receiver, both of which operate from a single 5-V power supply. The driver and receiver have active-high and active-low enables, respectively, that can be externally connected together to function as a direction control. The driver differential outputs and the receiver differential inputs are connected internally to form differential input/output (I/O) bus ports that are designed to offer minimum loading to the bus whenever the driver is disabled or $V_{CC} = 0$. These ports feature wide positive and negative common-mode voltage ranges making the device suitable for party-line applications.

The driver is designed to handle loads up to 60 mA of sink or source current. The driver features positive- and negative-current limiting and thermal shutdown for protection from line fault conditions. Thermal shutdown is designed to occur at a junction temperature of approximately 150°C. The receiver features a minimum input impedance of 12 k Ω , an input sensitivity of ± 200 mV, and a typical input hysteresis of 50 mV.

The SN75176A can be used in transmission-line applications employing the SN75172 and SN75174 quadruple differential line drivers and SN75173 and SN75175 quadruple differential line receivers.

The SN75176A is characterized for operation from 0°C to 70°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1995, Texas Instruments Incorporated

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

Function Tables

DRIVER

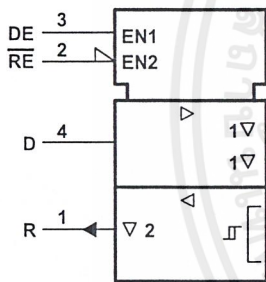
INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS	
		A	B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

RECEIVER

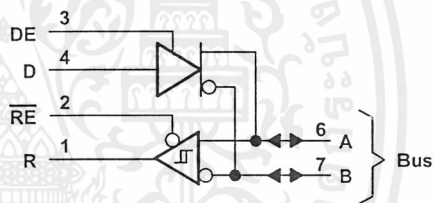
DIFFERENTIAL INPUTS A – B	ENABLE RE	OUTPUT R
$V_{ID} \geq 0.2V$	L	H
$-0.2V < V_{ID} < 0.2V$	L	?
$V_{ID} \leq -0.2V$	L	L
X	H	Z
Open	L	?

H = high level, L = low level, ? = indeterminate,
X = irrelevant, Z = high impedance (off)

logic symbol†



logic diagram (positive logic)



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

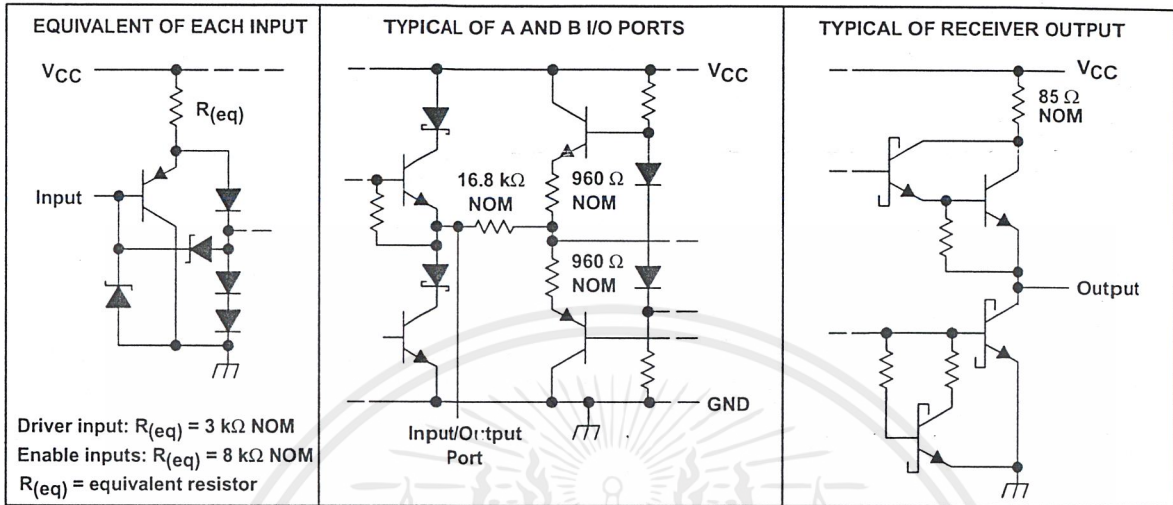


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

schematics of inputs and outputs



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Voltage range at any bus terminal	-10 V to 15 V
Enable input voltage, V_I	5.5 V
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range, T_A	0°C to 70°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values, except differential input/output bus voltage, are with respect to network ground terminal.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 105^\circ\text{C}$ POWER RATING
D	725 mW	5.8 mW/°C	464 mW	261 mW
P	1100 mW	8.8 mW/°C	704 mW	396 mW



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

recommended operating conditions

		MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.75	5	5.25	V
Voltage at any bus terminal (separately or common mode), V_I or V_{IC}		-7		12	V
High-level input voltage, V_{IH}	D, DE, and \overline{RE}	2			V
Low-level input voltage, V_{IL}	D, DE, and \overline{RE}			0.8	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)				± 12	V
High-level output current, I_{OH}	Driver			-60	mA
	Receiver			-400	μA
Low-level output current, I_{OL}	Driver			60	mA
	Receiver			8	mA
Operating free-air temperature, T_A		0		70	$^{\circ}C$

NOTE 2: Differential-input/output bus voltage is measured at the noninverting terminal A with respect to the inverting terminal B.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{IK}	Input clamp voltage	I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{IH} = 2 V, I _{OH} = -33 mA		3.7		V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{IH} = 2 V, I _{OH} = 33 mA		1.1		V
V _{OD1}	Differential output voltage	I _O = 0			2V _{OD2}	V
V _{OD2}	Differential output voltage	R _L = 100 Ω, See Figure 1	2	2.7		V
		R _L = 54 Ω, See Figure 1	1.5	2.4		
Δ V _{OD}	Change in magnitude of differential output voltage‡				±0.2	V
V _{OC}	Common-mode output voltage§	R _L = 54 Ω or 100 Ω, See Figure 1			3	V
Δ V _{OC}	Change in magnitude of common-mode output voltage‡				±0.2	V
I _O	Output current	Output disabled, See Note 3	V _O = 12 V		1	mA
			V _O = -7 V		-0.8	
I _{IH}	High-level input current	V _I = 2.4 V			20	μA
I _{IL}	Low-level input current	V _I = 0.4 V			-400	μA
I _{OS}	Short-circuit output current		V _O = -7 V		-250	mA
			V _O = V _{CC}		250	
			V _O = 12 V		500	
I _{CC}	Supply current (total package)	No load	Outputs enabled	35	50	mA
			Outputs disabled	26	40	

† All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.

‡ Δ|V_{OD}| and Δ|V_{OC}| are the changes in magnitude of V_{OD} and V_{OC} respectively, that occur when the input is changed from a high level to a low level.

§ In ANSI Standard EIA/TIA-422-B, V_{OC}, which is the average of the two output voltages with respect to GND, is called output offset voltage, V_{OS}.

NOTE 3: This applies for both power on and off; refer to ANSI Standard EIA/TIA-422-B for exact conditions.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _d (OD)	Differential-output delay time	R _L = 60 Ω, See Figure 3		40	60	ns
t _f (OD)	Differential-output transition time			65	95	
t _{PZH}	Output enable time to high level	R _L = 110 Ω, See Figure 4		55	90	ns
t _{PZL}	Output enable time to low level	R _L = 110 Ω, See Figure 5		30	50	ns
t _{PHZ}	Output disable time from high level	R _L = 110 Ω, See Figure 4		85	130	ns
t _{PLZ}	Output disable time from low level	R _L = 110 Ω, See Figure 5		20	40	ns



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A

DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of common-mode input voltage, supply voltage, and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IT+} Positive-going input threshold voltage	$V_O = 2.7\text{ V}$, $I_O = -0.4\text{ mA}$			0.2	V
V_{IT-} Negative-going input threshold voltage	$V_O = 0.5\text{ V}$, $I_O = 8\text{ mA}$	-0.2‡			V
V_{hys} Input hysteresis voltage ($V_{IT+} - V_{IT-}$)			50		mV
V_{IK} Enable clamp voltage	$I_I = -18\text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{ID} = 200\text{ mV}$, See Figure 2, $I_{OH} = -400\text{ }\mu\text{A}$,		2.7		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{ID} = -200\text{ mV}$, See Figure 2, $I_{OL} = 8\text{ mA}$,			0.45	V
I_{OZ} High-impedance-state output current	$V_O = 0.4\text{ V to }2.4\text{ V}$			± 20	μA
I_I Line input current	Cable input = 0 V, See Note 3	$V_I = 12\text{ V}$		1	mA
		$V_I = -7\text{ V}$		-0.8	
I_{IH} High-level enable input current	$V_{IH} = 2.7\text{ V}$			20	μA
I_{IL} Low-level enable input current	$V_{IL} = 0.4\text{ V}$			-100	μA
r_i Input resistance			12		k Ω
I_{OS} Short-circuit output current			-15	-85	mA
I_{CC} Supply current (total package)	No load	Outputs enabled	35	50	mA
		Outputs disabled	26	40	

† All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ The algebraic convention, in which the less-positive (more-negative) limit is designated minimum, is used in this data sheet for common-mode input voltage and threshold voltage levels only.

NOTE 3: This applies for both power on and power off. Refer to ANSI Standard EIA/TIA-422-B for exact conditions.

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $C_L = 15\text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$V_{ID} = -1.5\text{ V to }1.5\text{ V}$, See Figure 6		21	35	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output			23	35	ns
t_{PZH} Output enable time to high level	See Figure 7		10	30	ns
t_{PZL} Output enable time to low level			12	30	ns
t_{PHZ} Output disable time from high level	See Figure 7		20	35	ns
t_{PLZ} Output disable time from low level			17	25	ns



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

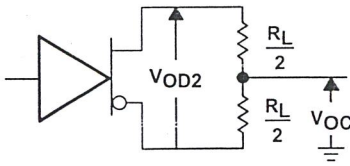


Figure 1. Driver V_{OD} and V_{OC}

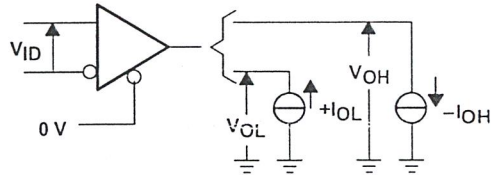
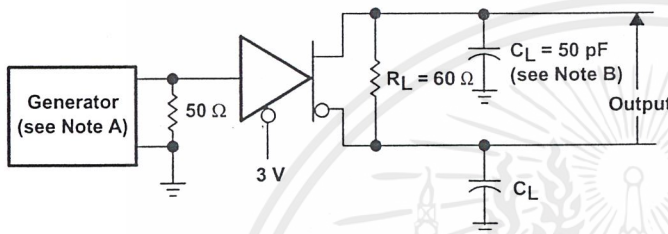
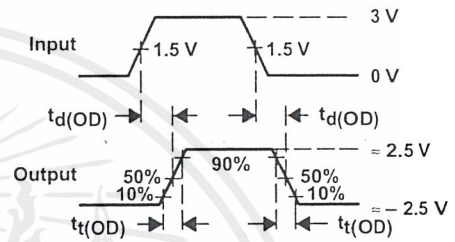


Figure 2. Receiver V_{OH} and V_{OL}



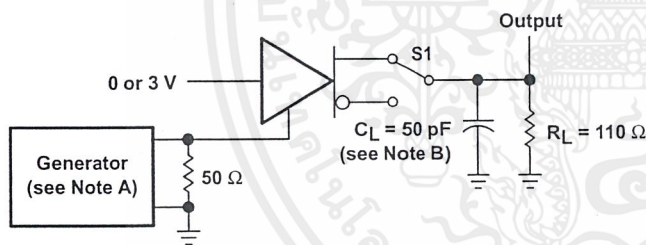
TEST CIRCUIT



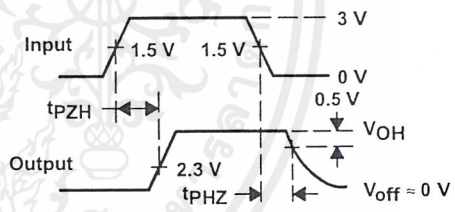
VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR = 1 MHz, 50% duty cycle, $t_r \leq 6$ ns, $t_f \leq 6$ ns, $Z_O = 50 \Omega$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 3. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms



TEST CIRCUIT



VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR = 1 MHz, 50% duty cycle, $t_r \leq 6$ ns, $t_f \leq 6$ ns, $Z_O = 50 \Omega$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

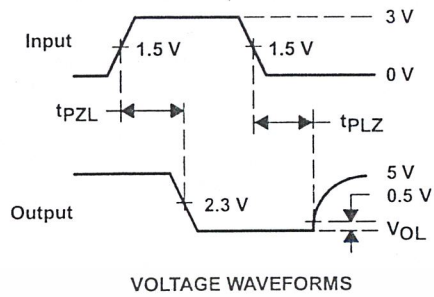
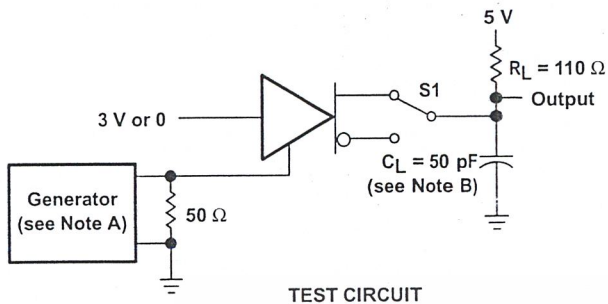
Figure 4. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

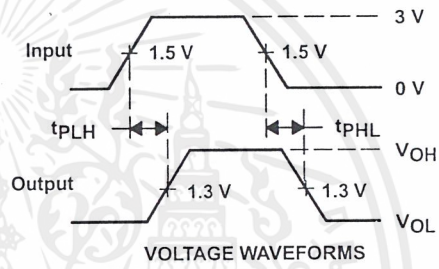
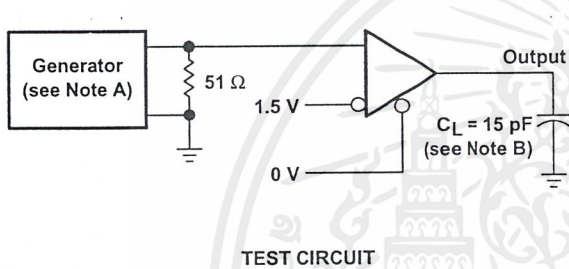


TEST CIRCUIT

VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR = 1 MHz, 50% duty cycle, $t_r \leq 6$ ns, $t_f \leq 6$ ns, $Z_O = 50 \Omega$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 5. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms



TEST CIRCUIT

VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR = 1 MHz, 50% duty cycle, $t_r \leq 6$ ns, $t_f \leq 6$ ns, $Z_O = 50 \Omega$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

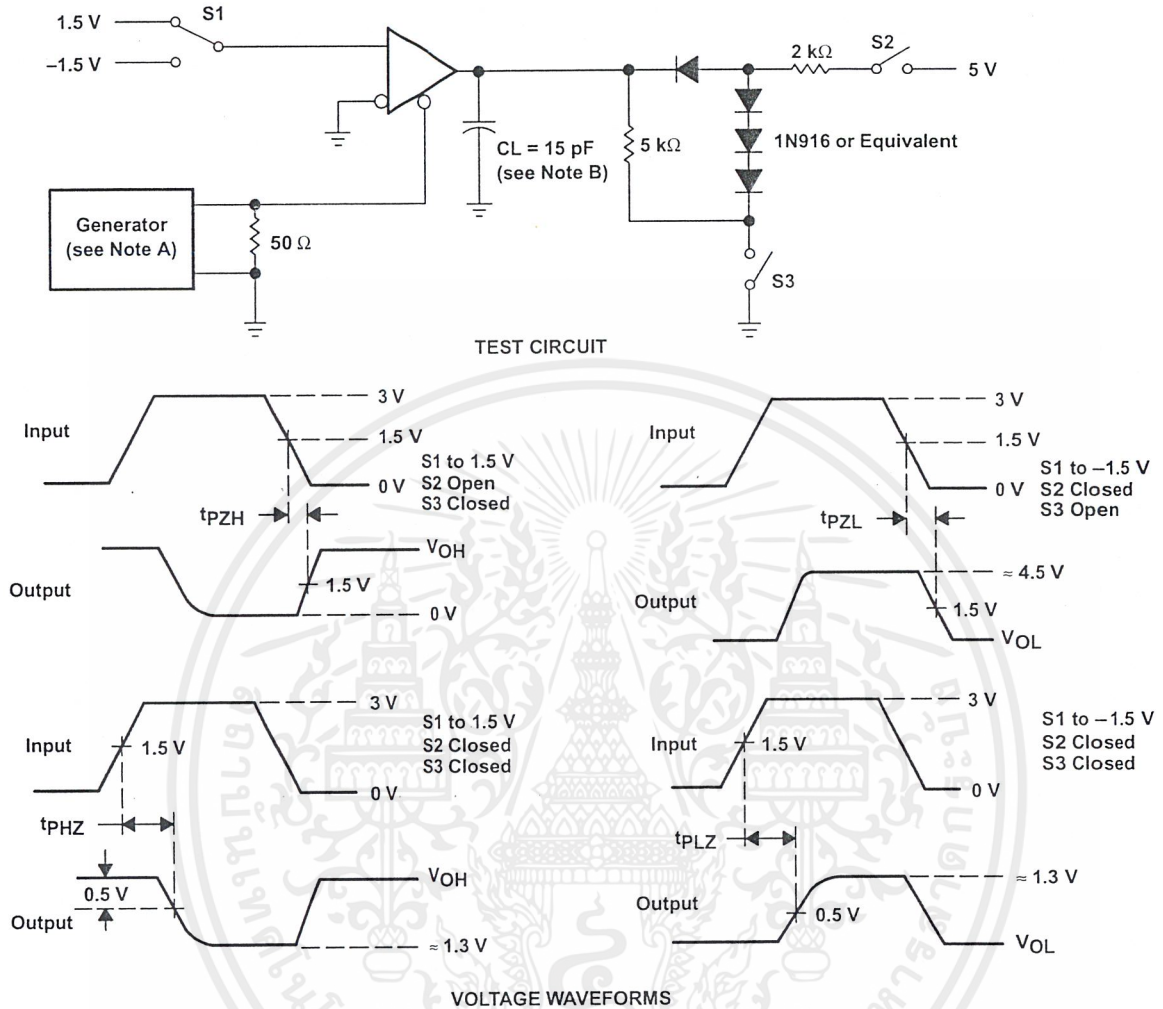
Figure 6. Receiver Test Circuit and Voltage Waveforms



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995



NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR = 1 MHz, 50% duty cycle, $t_r \leq 6$ ns, $t_f \leq 6$ ns, $Z_O = 50 \Omega$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 7. Receiver Test Circuit and Voltage Waveforms



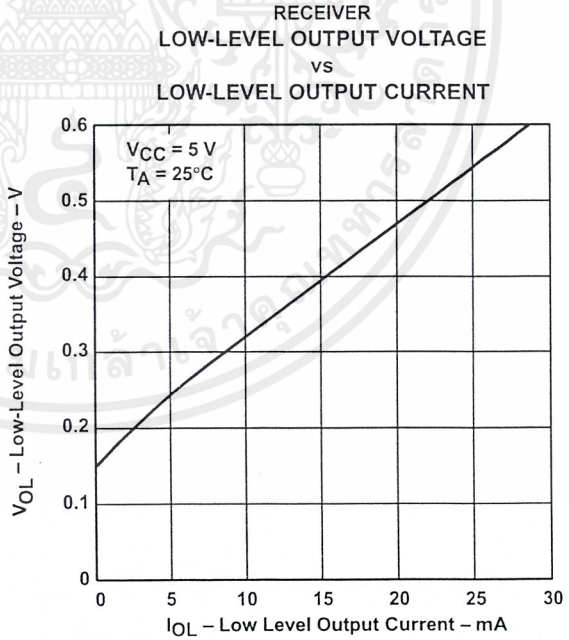
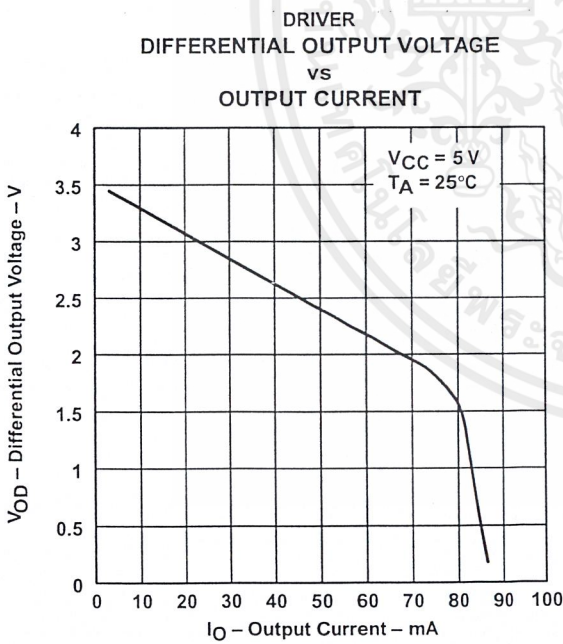
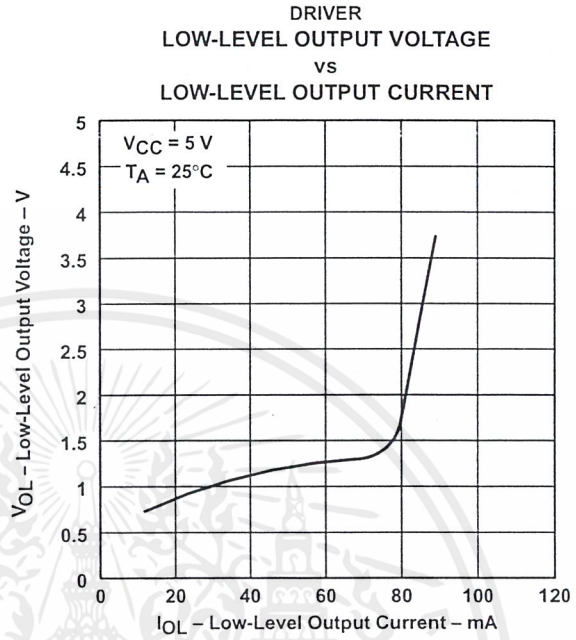
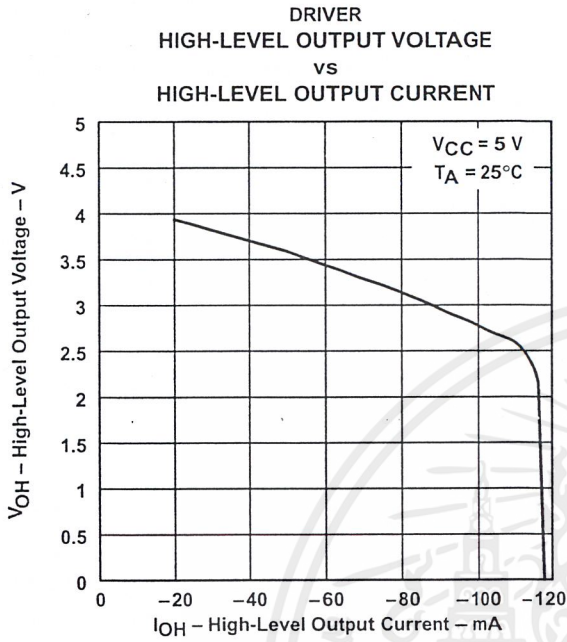
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

TYPICAL CHARACTERISTICS



 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

TYPICAL CHARACTERISTICS

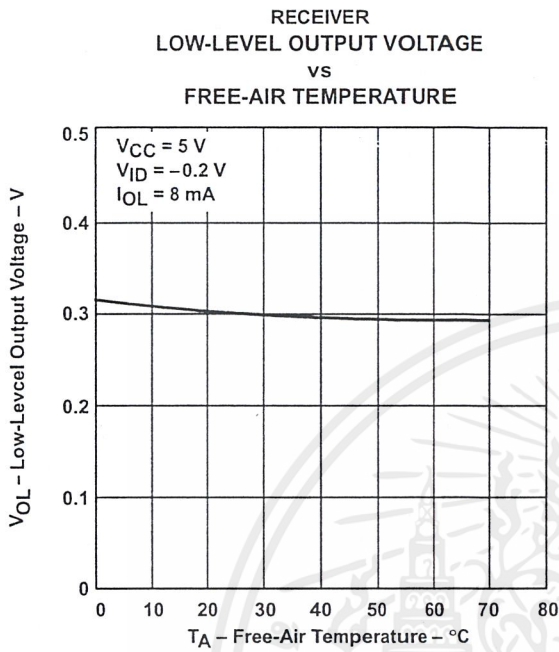


Figure 12

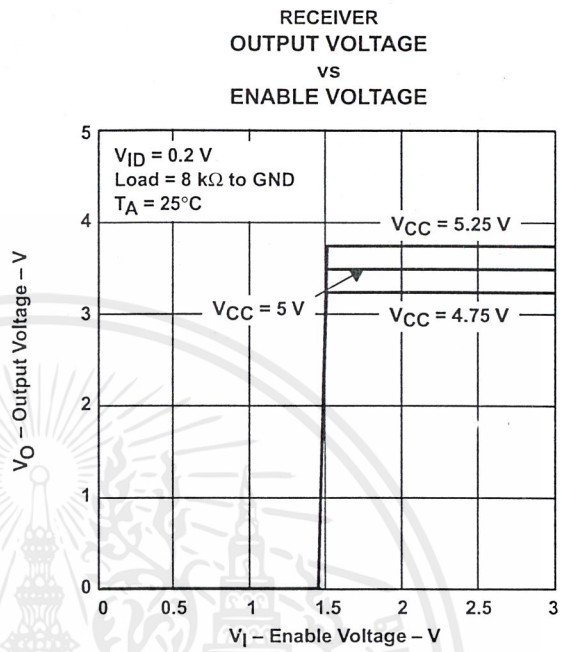


Figure 13

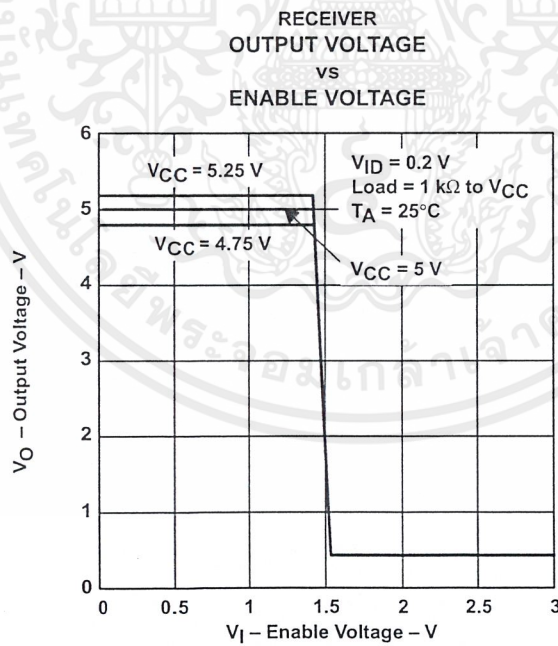


Figure 14



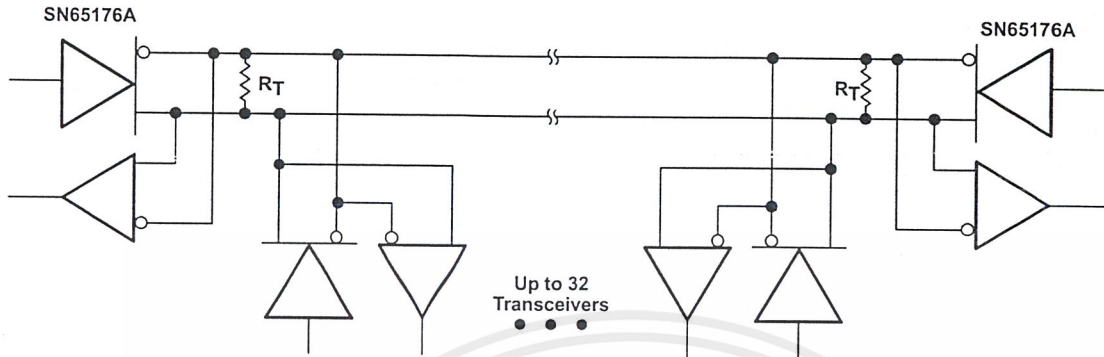
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN75176A DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVER

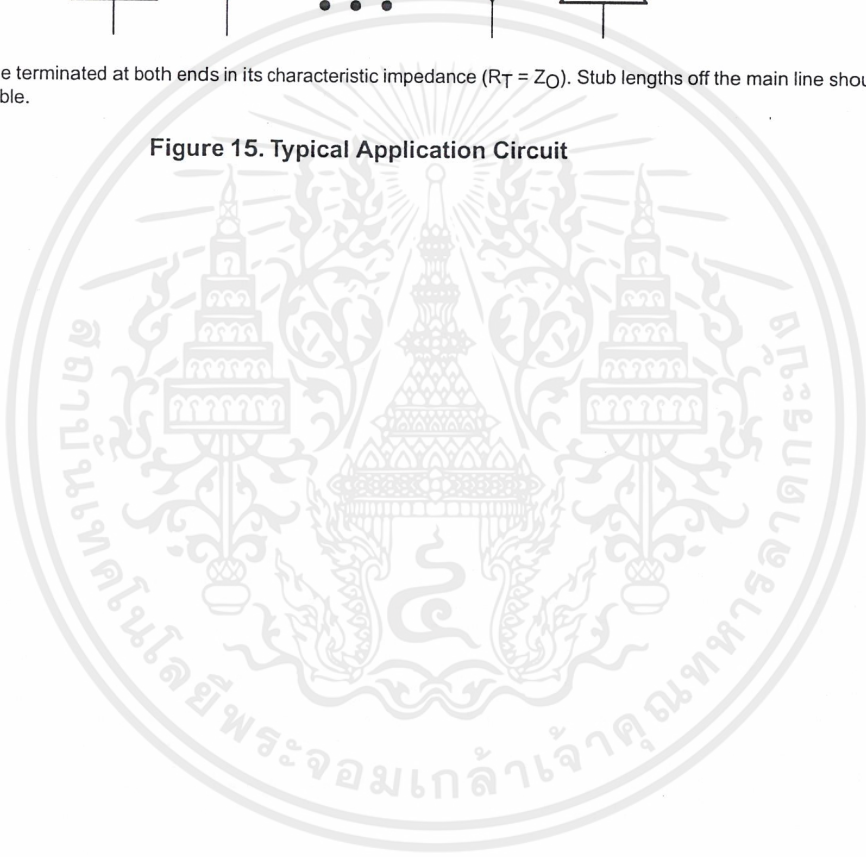
SLLS100A – JUNE 1984 – REVISED MAY 1995

APPLICATION INFORMATION



NOTE A: The line should be terminated at both ends in its characteristic impedance ($R_T = Z_0$). Stub lengths off the main line should be kept as short as possible.

Figure 15. Typical Application Circuit



IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายๆฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกๆท่านที่มีส่วนร่วมสนับสนุน ช่วยเหลือและแนะนำในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ รศ. อธิรัชชัย อรุณศรีแสงไชย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ ที่ได้เสียสละเวลา ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนห้องทดลองและการทำงาน ให้การทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้โอกาสและคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ห้อง A-404 ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและกำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณวรากร ทิมทอง ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับ ระบบ Siemens Instabus ช่วยให้มีแนวทางในการพัฒนา ระบบ HPPBX ได้มาก

สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

รัตนพงษ์ ชีถนอม
กิตติภพ วิเศษชู

หนังสืออ้างอิง

1. สมเกียรติ ศุภเดช, สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2538.
2. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2540.
3. อุดม จินประดับ, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2541.
4. Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Digital systems principles and applications 7th edition, USA : Prentice – Hall International, Inc, 1998.
5. Manny Soltero , Jing Zhang and Chris Cockrill, 422 and 485 Standards Overview and System Configurations Application Report, Texas Instruments Incorporated, USA, 2000.
6. Siemens AEP, Siemens instabus Intelligent solutions for present and future buildings Handbook, Siemens Advanced Engineering Pte, Ltd, Germany, 2000.